

**EFFECTO DE LA ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS BASADA EN LA
INDAGACIÓN (ECBI), EN EL APRENDIZAJE DE LOS CONCEPTOS CALOR Y
TEMPERATURA EN DOS COLEGIOS DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA**

**SALOMÓN BARBOSA SOTO
DORA MARÍA ESCALANTE MORALES**

**Trabajo de investigación para optar por el título de:
Magister en Educación**

**Directores
MAG.DARIO CASTRO CASTRO
MAG. JUDITH ARTETA VARGAS**

**UNIVERSIDAD DEL NORTE
INSTITUTO DE ESTUDIOS SUPERIORES EN EDUCACIÓN
MAESTRÍA EN EDUCACIÓN- ÉNFASIS EN COGNICIÓN
BARRANQUILLA
2016**

NOTA DE ACEPTACIÓN

PRESIDENTE DEL JURADO

JURADO

JURADO

DEDICATORIA

A DIOS todopoderoso porque él es quien nos da la vida y todo lo que tenemos.

A mi amada esposa, Aneth porque siempre ha sido paciente para apoyarme en los momentos difíciles que he tenido en este trabajo de grado.

A todos mis hermanos en Cristo que siempre me han apoyado con sus oraciones que me fortalecen espiritualmente.

A mis amigos y amigas y todas las personas que han sido importantes en todo este tiempo de desarrollo de este trabajo.

A la promoción ALESUS 2015, de la institución Sonia Ahumada

Salomón

DEDICATORIA

Hoy quiero dedicar todo el esfuerzo y el empeño que se puso en culminar éste trabajo, el cual para nosotros ya es un logro, en primera instancia a Dios, a quien deseo agradecer por darme la oportunidad de vivir, por ser mi guía y estar presente y sostenerme en los momentos difíciles.

A mi madre DORA CECILIA MORALES DE ESCALANTE, quien se encuentra contigo señor, quien fuiste mi motor y fuerza, pero al mismo tiempo te convertiste en mi mayor debilidad, por eso ahora que ya no estás conmigo, siento que la mejor forma de agradecer todo lo que me enseñaste, es siguiendo y mostrando tu legado de entereza, de dignidad, de entrega, de responsabilidad, de amistad, de incondicionalidad y todos esos principios cimentados en valores que aprendí de tí. Gracias madre, éste, al igual que todos los logros que vengan en mi vida serán en tu nombre.

A mi padre JOSÉ DE LOS SANTOS ESCALANTE CANTILLO, quien junto a mi madre, me enseñaron valores y no desfallecer.

A mis hermanos JANETH, CARMEN, JOSÉ y MYRIAM; a mis cuñados, Osvaldo, José y Magdalena, al igual que a mis sobrinos, Harolda, Miguel, José David, Paola, Daniela, Fabio y Nicol, por su comprensión y apoyo incondicional.

DORA ESCALANTE

AGRADECIMIENTOS

Es importante para nosotros dar los agradecimientos al grupo de personas que contribuyeron al desarrollo y culminación de este trabajo de investigación:

A Dios, por darnos la oportunidad de superarnos como profesionales y como personas y el permiso para realizar y culminar éste trabajo de grado.

A nuestros tutores, la doctora JUDITH ARTETA y el Magister DARIO CASTRO, por su confianza, por compartir con nosotros sus experiencias y sus conocimientos, por el empeño y el tesón mostrado a lo largo de la maestría y por todo el apoyo en esta investigación.

A los profesores y amigos Nelvis De Alba y José Luis San Juan, por habernos brindado su tiempo, por habernos ayudado a que ésta investigación se realizara.

A los estudiantes de las instituciones participantes de manera directa e indirecta en éste trabajo de grado, por su tiempo y su ayuda durante el proceso.

A los rectores de las instituciones no sólo donde laboramos, sino aquellas que hicieron parte de ésta investigación, por abrirnos sus puertas y brindarnos las condiciones y los espacios para poder realizarla.

A mis amigos y compañeros de maestría por su confianza y su apoyo en los momentos difíciles, en especial a los coautores de esta tesis.

A todos...GRACIAS

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|--|-----------|
| 1. INTRODUCCIÓN | 10 |
| 2 JUSTIFICACIÓN. | 16 |
| 3. MARCO TEÓRICO. | 20 |
| 3.1 Estado del Arte | 21 |
| 3.1.1 Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) | 23 |
| 3.1.2 Desarrollo histórico de los conceptos de Calor y Temperatura. | 32 |
| 3.1.3 Cambio Conceptual | 44 |
| 3.2 Marco Conceptual | 58 |
| 4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 61 |
| 5. OBJETIVOS | 64 |
| 5.1 Objetivo General | 64 |
| 5.2 Objetivos Específicos..... | 64 |
| 6. HIPÓTESIS | 65 |
| 7. METODOLOGÍA | 65 |
| 7.1 Enfoque de la Investigación | 65 |
| 7.2 Diseño de la Investigación | 66 |
| 7.3 Población y participantes..... | 68 |
| 7.4 Técnicas..... | 69 |
| 7.5 Instrumentos..... | 70 |
| 7.6 Procedimientos | 71 |

| | |
|--|------------|
| 8.1 Análisis de los resultados Calor y Temperatura Pretest | 74 |
| 8.1.1 Análisis Concepto Calor Colegio N°1- Pretest | 74 |
| 8.1.2 Análisis Calor Colegio N°2- Pretest | 76 |
| 8.1.3 Análisis Temperatura Colegio N° 1- Pretest | 79 |
| 8.1.4 Análisis Temperatura Colegio N°2 | 81 |
| 8.2 Análisis de los resultados Concepto Calor y Temperatura Postest | 83 |
| 8.2.1 Análisis Concepto Calor Colegio N° 1- Postest | 83 |
| 8.2.2 Análisis Concepto Calor Colegio N° 2- Postest | 86 |
| 8.2.3 Análisis Temperatura Colegio N° 1 Postest | 88 |
| 8.2.4 Análisis Temperatura Colegio N° 2 Postest | 90 |
| 8.3 Análisis comparativo pretest, postest colegio N° 1 y N° 2 | 92 |
| 8.4 Análisis Ideas Previas Concepto Calor – Pretest | 93 |
| 94 | |
| 8.5 Análisis Concepto Calor - Postest..... | 94 |
| 8.6 Análisis de ideas previas temperatura pretest colegios N° 1 y N° 2..... | 95 |
| 8.7 Análisis de postest temperatura colegio N° 1y N° 2 | 95 |
| 9. CONCLUSIONES | 97 |
| 10. RECOMENDACIONES | 101 |
| 11. BIBLIOGRAFÍA | 102 |
| 13. ANEXOS | 112 |

| | |
|--|------------|
| Anexo 1: Test validado utilizado como pretest y posttest..... | 112 |
| Anexo 2: Guías de laboratorio y talleres empleados en el colegio N° 1. | 116 |
| Anexo 3: Taller complementario de calor y temperatura. | 117 |
| Anexo 4: Guía de laboratorio sobre Calor específico..... | 118 |
| Anexo 5: Guía de Dilatación térmica | 120 |

INDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Recuento histórico de la ECBI..... | 25 |
| Tabla 2: Etapas de la ECBI..... | 30 |
| Tabla 3: Población y participantes..... | 68 |
| Tabla 4: Relación de las respuestas del pretest y posttest en los colegios N°1 y N° 2 | 73 |
| Tabla 5: Categoría Calor Colegio N° 1 – Pretest..... | 74 |
| Tabla 6: Categoría Calor Colegio N° 2 - Pretest..... | 77 |
| Tabla 7: Categoría Temperatura Colegio N° 1 – Pretest. | 79 |
| Tabla 8: Categoría Temperatura Colegio N° 2 – Pretest. | 81 |
| Tabla 9: Análisis Calor Colegio N° 1 – Posttest..... | 84 |
| Tabla 10: Análisis Calor Colegio N° 2 - Posttest..... | 86 |
| Tabla 11: Análisis Temperatura Colegio N° 1 – Posttest. | 88 |
| Tabla 12: Análisis Temperatura Colegio N° 2 – Posttest. | 90 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Surgimiento de la ECBI. (Adaptado de Minimal Infographic Time line. www.bigstock.com73575208) _ | 27 |
| Figura 2: Primera máquina térmica..... | 34 |
| Figura 3: Análisis Concepto Calor – Pretest..... | 94 |
| Figura 4: Concepto Calor – Postest | 94 |
| Figura 5: Temperatura ideas previas – Pretest..... | 95 |
| Figura 6: Concepto Temperatura en el Postest | 96 |

INDICE DE ANEXOS

| | |
|---|-----|
| Anexo 1: Test validado de calor y temperatura | 106 |
| Anexo 2: Guía experimental de calor y temperatura | 110 |
| Anexo 3: Taller complementario de Calor y temperatura..... | 111 |
| Anexo 4: Guía de laboratorio sobre calor específico..... | 112 |
| Anexo 5: Guía de laboratorio sobre dilatación térmica. | 114 |

1. INTRODUCCIÓN

El proceso de enseñanza de las ciencias naturales basado en la indagación entendido como metodología que fomenta el aprendizaje de conceptos en los estudiantes según Charpak(1996), permite una interacción dinámica en la práctica pedagógica, ya que parte de las ideas previas de los estudiantes como base para iniciar el proceso de aprendizaje, donde el maestro lo conduce a la experimentación, con el propósito de contrastar y construir nuevos conocimientos científicos, que luego son susceptibles a ser aplicados a nuevas situaciones, en las cuales desplegarán habilidades y competencias científicas y ciudadanas.

Por ello, es importante, no sólo la implementación por parte del maestro de la metodología, **Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI)**, con las cuatro fases descritas por Lederman(1989) y Charpak (1996): **Focalización** (ideas previas), **Experimentación** (Realización de experiencias de laboratorio), **Contraste** (Choque cognitivo) y **Aplicación** (Extrapolación), en la enseñanza y aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura, sino también, debe ir de la mano de la revisión del proceso histórico epistemológico de cómo la ciencia llegó a la construcción de esos conceptos, para así, orientar la interpretación acerca del cambio conceptual en estudiantes de física de décimo grado. Se verifica de esta manera, el efecto de la aplicación de dicha metodología, y los elementos a mejorar en el proceso de aprendizaje de los educandos.

Por otra parte, el área de Ciencias Naturales en secundaria, es considerada como un espacio apropiado para fundamentar adecuadamente los conceptos, permitiendo comprender los fenómenos de las ciencias naturales y la formación integral de los estudiantes, al buscar el desarrollo de competencias, tal como se plantea en los lineamientos del ICFES (2010), en donde las clasifican como: Identificar, Indagar, Explicar, Comunicar, Trabajar en Equipo, Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento y la Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente.(INSTITUTO COLOMBIANO DE FOMENTO DE EDUCACIÓN SUPERIOR -ICFES,2010).

Ahora bien, nuestro interés como investigadores, se centra en identificar las ideas previas de los estudiantes con respecto a los conceptos de calor y temperatura, y a la eficacia de la metodología ECBI, Lederman &Charpak (1996) en el cambio conceptual, comparada con metodología Aprendizaje basado en problemas (ABP),(Barrows, 1986).

Para efecto de ésta investigación, concertamos con Instituciones Educativas de la ciudad para lograr la participación de dos grupos estudiantes que cursan 10°, de dos colegios diferentes de Barranquilla; el colegio N° 1, que se constituiría el grupo experimental y el grupo del colegio N° 2, que sería el grupo control. Inicialmente se aplicó en ambas instituciones un cuestionario validado (pretest), sobre los conceptos de calor y temperatura; luego, se realizó el trabajo con la metodología (ECBI) en el colegio N° 1 y la metodología Aprendizaje Basado en Problemas (ABP), en el colegio N° 2; finalmente, se aplica el mismo test validado (Postest), en cada una de las instituciones educativas.

Por lo tanto, el análisis de resultados se hace a través de la comparación del antes y el después del proceso en cada grupo, donde se procede a valorar el cambio conceptual presentado. (Tiberghien, 1994).

La estructura de presentación de este trabajo de grado, cuenta con 10 capítulos que tratan los aspectos fundamentales de la investigación. Inicialmente se muestra una justificación que plantea las razones que llevaron a esta investigación, seguido de un marco teórico, en el cual, se hace una revisión bibliográfica, que soporta lo desarrollado en el marco teórico. Es relevante referir que el marco teórico que orienta esta investigación, se organizó de acuerdo a lo planteado en los objetivos; de éste modo, se comienza haciendo relación al estado del arte, donde se da cuenta del referente internacional y nacional de investigaciones relacionadas con la temática; además, se destaca, que en la costa norte Colombiana, no hay investigaciones de este tipo, realizadas en la educación básica secundaria, permitiéndonos realizar un aporte importante ante esta necesidad.

Seguidamente, se hace referencia a la metodología Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) y la metodología de la Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), para luego presentar lo relacionado con el desarrollo histórico y epistemológico de los conceptos de calor y temperatura. Así mismo, teorizamos el cambio conceptual, a partir de las concepciones establecidas por autores como Posner y Strike (1992), Tiberghien (1994) y Mortimer (1996).

Después, se continúa con el planteamiento del problema, los objetivos generales y específicos, seguido de la hipótesis, el enfoque investigativo y el diseño metodológico.

En el noveno capítulo, se muestran los resultados y su análisis, donde se identifican las ideas previas de los estudiantes, arrojados en el pretest, clasificándolas en 2 categorías, la primera, la categoría calor, que a su vez, se subdivide en tres subcategorías (confusión, calórico y energía) y la segunda, la categoría temperatura, en que también se subdivide en tres subcategorías (confusión, calórico y ley cero); las cuales, de igual manera, se comparan en el postest, tanto en el grupo experimental como en el grupo control, con el fin de determinar el cambio conceptual.

Finalizamos, con las conclusiones en las que registramos los avances alcanzados con ésta investigación y algunas recomendaciones que podrían tenerse en cuenta en un futuro para ampliar la misma. De igual manera se muestra la bibliografía consultada.

2 JUSTIFICACIÓN.

El Ministerio de Educación Nacional (MEN), establece para el área de ciencias naturales, unas políticas nacionales de calidad, enmarcadas dentro del ámbito de los Lineamientos Curriculares, en los cuales se plantean referentes de tipo filosófico, epistemológicos, sociológico, cognitivo, didáctico y pedagógico; además, estas políticas son fundamentadas en los estándares básicos de competencias en cada una de las áreas.(MEN, 1998)

Dichos estándares básicos de competencias, son considerados como una herramienta, que le permite a los docentes, estudiantes, a las instituciones y al sistema educativo de un país, establecer los logros mínimos que deben alcanzar los jóvenes en los niveles de básica y media en cada una de las diferentes áreas del saber, los cuales se vienen trabajando desde el año 2002.

Por otra parte, el MINISTERIO DE EDUCACIÓN NACIONAL define a las competencias como un “Saber hacer flexible que puede actualizarse en distintos contextos, es decir, como la capacidad de usar el conocimiento en situaciones distintas de aquellas en las que se aprendieron. Implica la comprensión del sentido de cada actividad y sus implicaciones éticas, sociales, económicas y políticas”.(MEN2006, p. 12).

Así mismo, el ICFES, establece que las competencias son “Toda gran caracterización de la experiencia y de las potencialidades humanas, que deben considerar las dimensiones de la

ética, la estética y el conocimiento.....”. ICFES (2007, p. 16). En el mismo documento, se establece que para la prueba saber, se tienen en cuenta tres competencias generales, las cuales son interpretar, argumentar y proponer y siete competencias específicas en el área de Ciencias Naturales, como son: Identificar, Indagar, Explicar, Comunicar, Trabajar en equipo, Disposición para aceptar la naturaleza abierta, parcial y cambiante del conocimiento y la Disposición para reconocer la dimensión social del conocimiento y para asumirla responsablemente, de las cuales, el ICFES sólo evalúa las tres primeras. (ICFES, 2007, 2010).

Cabe aclarar que el ICFES, asume el Indagar como una competencia y establece que la indagación es una capacidad que se evidencia cuando se plantean preguntas y se buscan procedimientos adecuados para resolverlas, además para buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante para dar respuesta a esas preguntas. (ICFES, 2014). Sin embargo, a partir de la revisión bibliográfica, pudimos establecer la polisemia del término indagación. Para efectos de esta investigación, asumimos la indagación como una estrategia metodológica, Furman, M. (2012), que años más tarde se consolidó como la metodología de enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) , propuesta por Lederman &Charpak (1996), la cual es considerada de gran importancia para el aprendizaje de los estudiantes.

Además, la ECBI tiene un aporte social importante, ya que busca introducir al estudiante al ser ciudadano, puesto que brinda herramientas de participación, ejerciendo sus derechos como ciudadanos, en forma constructiva, crítica, propositiva y fundamentada. Así mismo, promueve el mejoramiento de la calidad de la educación en ciencias¹. (López, 2008)

¹Tomado del documento Educación en ciencias basada en la indagación (ECBI). Patricia Stewart. Academia chilena de ciencias. <http://www.innovec.org.mx/crecimientoconcalidad/presentaciones/jalapa/plopez.pdf>

Atendiendo a todo esto, para nosotros la indagación incluye una acción planeada, orientada a la búsqueda de información que ayude a establecer la validez de una respuesta preliminar. Por lo anterior, la acción debe ser planeada de manera consciente por parte del docente, puesto que busca la reflexión permanente de los estudiantes, a partir de preguntas que permitan que el joven analice las diferentes alternativas de solución a la problemática planteada. El docente debe guiarlo a través de una serie de cuestionamientos que le permitan desarrollar habilidades y destrezas en la búsqueda, selección, organización, análisis e interpretación de información relevante; que pueda establecer relaciones, comparaciones, que lo lleven al planteamiento de hipótesis para asumir una postura crítica y tomar decisiones acertadas al momento de emitir sus argumentos.

Consideramos que ésta investigación es viable, puesto que la Universidad del Norte cuenta con un excelente recurso humano y de infraestructura de bases de datos, en especial la disponibilidad de los docentes, para la dirección de la misma. De igual manera la investigación cuenta con el compromiso y disposición de profesores y estudiantes de los grupos participantes.

Por último, podemos establecer que ésta investigación está orientada al desarrollo de habilidades cognitivas en el área de ciencias naturales, empleando como referente para la aplicación, los conceptos de calor y temperatura, vistos desde las tres disciplinas de la ciencias naturales y su aplicabilidad (Ciencia, Tecnología y Sociedad). Nuestro propósito es por un lado, verificar la eficacia de una estrategia metodológica, a través de la cual se fomenta de manera consciente e intencionada una secuencia didáctica; esta a su vez, permite la potencialización de

una serie de habilidades cognitivas, que el estudiante necesita para desarrollar competencias científicas y en concordancia con el énfasis de la Maestría en Educación. Así mismo, también persigue hacer una reflexión profunda del análisis realizado a los resultados arrojados antes, durante y después de la aplicación de esa estrategia metodológica, con miras a verificar qué tanto influiría para facilitar el aprendizaje y la significación de conceptos científicos en el área, con el fin de que el estudiante no sólo se apropie del conocimiento, sino que lo internalice, lo extrapole y lo aplique a un contexto diferente para darle solución a una situación problema, generando cambios en su entorno y en la sociedad en la que se desenvuelva, permitiendo con ello evidenciar la formación de individuos competentes y críticos.

3. MARCO TEÓRICO.

Esta investigación se fundamenta en la línea de didáctica de las ciencias naturales, en específico, en los principios de la metodología Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación (ECBI) aplicados en el aprendizaje de los conceptos calor y temperatura, la cual hace referencia de como su desarrollo, facilita el aprendizaje de los conceptos en mención, en estudiantes de bachillerato desde un referente didáctico.

Pozo y Gómez (2009) afirman que se debe abordar la enseñanza de las ciencias como un saber histórico provisional donde el estudiante construya el concepto con la búsqueda de significado e interpretaciones y no como un proceso memorístico acabado y limitado. Esto se complementa con lo planteado por Carvalho (1992), quien afirma que el enfoque histórico puede propiciara profesores y alumnos, el saber científico, puesto que el conocimiento es producto de la actividad humana. Así, las limitaciones de la ciencia se reconocen al mismo tiempo en que se revela no sólo, la posibilidad de participación de todos en la edificación del conocimiento, sino, principalmente en la necesidad de que todos se conviertan en agentes activos de la construcción y control de lo que buscan conocer.

Otro aspecto a tener en cuenta, lo plantea Galagovsky (2008), quien asegura que las representaciones mentales entre los estudiantes y los docentes también presentan una diferencia, las cuales están determinadas por las habilidades y/o destrezas que el docente debe tener para poder transmitir las y potencializarlas en los estudiantes. Arteta et al. (2002), definen la

competencia científica como la capacidad del sujeto de construir explicaciones y comprensiones de la naturaleza, a partir de la indagación, la experimentación y la contrastación teórica, donde el sujeto se formula un problema genuino de su interés, el cual le genera conflicto cognitivo y a partir de un trabajo sistemático y riguroso interrelaciona conceptos con los cuales elabora argumentaciones que dan cuenta de los fenómenos naturales en estudio, por tanto el cambio conceptual está en la base de la construcción de conceptos.

3.1 Estado del Arte

Teniendo en cuenta las investigaciones relacionadas con la didáctica en el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura encontramos a nivel internacional las siguientes investigaciones: En el año 1999, en la universidad de Autónoma de Barcelona, se realizó una investigación titulada "Fundamentación y diseño de las practicas escolares de ciencias experimentales", donde el problema radica en la necesidad de un cambio en la enseñanza de las ciencias ya que estaba enfocada solo en aspectos teóricos, en el cual se considera la prioridad de la experimentación en las clases de ciencias en la educación secundaria, llegando a las conclusiones de que el docente debe realizar una transposición didáctica donde los estudiantes relacionen el fenómeno y su teorización. (Izquierdo & Espinet, 1999).

En el 2001 se realizó el XVI congreso del concepto de calor en termodinámica y su enseñanza, en México DF, donde se plantean en todos los niveles la dificultad al enseñar el concepto de calor, debido a que es utilizado en la cotidianidad con un significado muy diferente al científico, llegando a la conclusión de la necesidad de analizar la problemática desde diferentes perspectivas como son el estudio de la epistemología de los conceptos de calor y

temperatura, revisión de los conceptos planteados en los textos de física, la práctica pedagógica de los docentes y el aprendizaje de los estudiantes, orientado a la forma de implementarlo en el pregrado de licenciatura específicamente.(Cervantes, De la Torre, Verdejo y Trejo, 2001).

En 2004, el grupo de didáctica de las ciencias IFLYSIB, UNLP-CONICEPCIC, de Argentina, realiza un análisis de las interacciones discursivas en la clase de física de cursos preuniversitarios, donde se concluye en la necesidad de tener en cuenta por parte del docente las ideas previas de los estudiantes para a partir de ellas realizar su interacción discursiva.(Dumrauf & Cordero, 2004).

En el 2010 en el Instituto Politécnico Nacional de México, investigó la implementación de clases demostrativas interactivas para la enseñanza del calor y la temperatura en el bachillerato, donde se parte de la necesidad de que el estudiante interactúe desde las tic con su proceso de aprendizaje, llegando a la conclusión, que cuando el estudiante participa activamente en su proceso de aprendizaje, este es más eficiente (Zarate 2010).

A nivel nacional encontramos los siguientes trabajos relacionados con el estudio del calor y la temperatura, el trabajo realizado en 1996 en la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, el cual es titulado "Newton, Black y Carnot y la relación calor y temperatura", donde se realiza un análisis histórico de los conceptos desde la óptica de estos tres autores, llegando a la conclusión de que los estudiantes de física (pregrado) deben diferenciar muy bien los conceptos para así lograr comprenderlos y aplicarlos correctamente. (Alomá & Malaver, 2007)

También en el año 2007, en la Universidad Pedagógica Nacional de Bogotá, se desarrolla la investigación "Propuesta didáctica apoyada en el desarrollo histórico de los conceptos de calor y temperatura para alumnos de secundaria", donde se plantea la pregunta problema ¿Por qué los alumnos no aprenden la ciencia que se les enseña? y a su vez, sugieren que las estrategias didácticas de enseñanza no están orientadas al aprendizaje de los conceptos y además, concluyen que la historia de los conceptos calor y temperatura es una fuente de información valiosa en la elaboración de una secuencia didáctica orientada al aprendizaje de los mismos.(Ríos 2007)

A su vez, no encontramos en nuestra revisión bibliográfica, que en la región Caribe de Colombia, existan investigaciones relacionadas con la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura en estudiantes de la básica secundaria y media.

3.1.1 Enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI)

Como habíamos mencionado anteriormente, la indagación es un término polisémico, puesto que presenta varios significados y según lo planteado por Harlen (2013), se puede utilizar tanto en la educación como en la vida cotidiana, para referirse a la búsqueda de explicaciones o informaciones a través de preguntas. A veces se equipara con la investigación o la “búsqueda de la verdad”, Harlen (2013); otros autores, como González, C. Cortés, M. Bravo, P. Ibaceta, I. Cuevas, K. Quiñones, P. Maturana, J. &Abarcaa, A. (2012). Otros, como Orozco y Enamorado (2012), enmarcándose en los lineamientos del ICFES (2008, 2010, 2014), la clasifican como una competencia; autores como Devés (2007), Harlem (2006, 2010, 2013) y Furman (2012), catalogan a la indagación como una estrategia metodológica, concepto éste que ha ido tomando

tanta fuerza que actualmente se habla de la ECBI, como una metodología para la enseñanza de las ciencias.

Según Devés y Reyes (2007), la metodología indagatoria para la enseñanza de las ciencias, se fundamenta en el nuevo conocimiento en el proceso de aprendizaje que emerge de la investigación,. Así mismo, para Rodríguez, J. (2014). En el taller introductorio sobre la enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI), realizado por la Academia Colombiana de ciencias exactas, Físicas y Naturales (ACCEFYN), se define a la ECBI, como un programa que busca acercar la escuela al mundo científico, con el propósito de que los niños y jóvenes se apropien de la ciencia y mediante el aprendizaje de ésta, la integren a su cultura. En otras palabras es una metodología didáctica mediante la cual el alumno va construyendo su propio conocimiento, ayudado por el maestro, quien lo guía y le facilita el aprendizaje, es decir, el maestro es un facilitador.

Así mismo, para Rodríguez (2014), la ECBI surge como respuesta ante la problemática presentada en la enseñanza de las ciencias naturales, la cual se enfoca en un problema de tipo didáctico, puesto que en primera instancia, se orienta hacia la metodología utilizada en el proceso de enseñanza, la cual ha estado más orientada a la transmisión de información. En segunda instancia a la falencia en la formación de los docentes durante el pregrado, puesto que el docente no tendría el dominio en la didáctica de la enseñanza de las ciencias (Ver tabla N° 1)

Tabla 1: Recuento histórico de la ECBI

| Desarrollo de la Implementación de la ECBI | | |
|--|---|--|
| Año | Instituciones o lugar | Comentario |
| 1985 | NSA y el Smith sonian Institution de Estados Unidos crean el National Science Resources Center (NSRC) | Desarrollar una metodología que reprodujera en el aula de clase, el modo como los científicos generan conocimiento en sus laboratorios. |
| 1989 | En USA el físico, Premio Nobel, León Lederman | Ante la problemática de la enseñanza de las ciencias en las aulas de clase y desinterés mostrado por los estudiantes, se crea un programa de enseñanza de las ciencias basada en la experimentación y la indagación por parte de los alumnos, el cual denominó “Hands on” (manos a la obra), |
| 1996 | George Charpak (premio Nobel de física) y Pierre Léna, | Miembros de la Academia de Ciencias de Francia, visitaron a Leon Lederman y de regreso a Francia lanzaron con otro académico Yves Quéree (Fis.), el programa La Main à la Pâte, |
| 1996 | La NSA | Publica “National Education Standards” que años más tarde llegó a Colombia. |
| 1997 | La NSRC | Avaló las experiencias de Lederman (1989) y publicó el texto “Science for all children”: A guide to improving elementary science education in your school district”, en el cual se trazan las pautas de ECBI (Inquiry-based science education IBSE). |
| 2000 | Charpak trajo a Colombia la metodología y fue liderado por la Universidad de los Andes. | La ECBI llega a Colombia con el nombre de “Pequeños científicos”. |
| 2001 | Llega a Brasil | Llega con el nombre de “Manos a la masa”. |
| 2002 | Academia Mexicana de Ciencia | Lanzó el programa “La ciencia en tu escuela” y lo desarrolla en forma de diplomado para maestros de primaria o de secundaria. Es patrocinado por la Secretaría de Educación Pública (MEN) y por el CONACYT. Se ha extendido a 8 países de Latino-América. |
| 2003 | Llega a Chile | Recibe el nombre de ECBI |
| 2004, | Llega a Argentina | Recibe el nombre de “Alfabetización científica”. Además, de manera alterna, se crean las Redes internacionales de Academias de ciencias en el Mundo, las cuales, adoptaron el programa ECBI y estimularon su difusión. Este ha sido el caso de: IAP (Global network of science academies) con 107 academias asociadas. |

| | | |
|------|--|---|
| 2004 | En Chile | Se crea IANAS (Red interamericana de Academias de Ciencias, con 21 asociados), la cual, adoptó entre sus 4 grandes programas, el de ECBI (ECBI = esfuerzo colaborativo entre científicos y educadores). |
| 2006 | Llega a Panamá | Donde recibe el nombre de “Hagamos ciencia”. |
| 2008 | Se lanza oficialmente el portal de Indágala. Para Colombia, el portal Indágala, fue puesto en funcionamiento por la Universidad de los Andes (Bogotá). | En un esfuerzo internacional para ofrecer información y herramientas que permitan aplicar ECBI en las escuela, se creó el portal “Indágala” www.indagala.org ; en él se comparten experiencias, dudas y materiales con maestros y científicos de América Latina. Se designa un Comité de seguimiento en los países involucrados para consolidar la red de consultores en Latinoamérica. |
| 2014 | El programa ECBI, se aplica con éxito en más de 40 países en el mundo y es reconocido por la UNESCO | Países: Argentina, Colombia, Panamá, Brasil, República Dominicana, Perú, Bolivia, México, Bélgica, China, Serbia, Marruecos, Senegal, Venezuela, entre otros. |

Surgimiento de la ECBI

A continuación, haremos un recuento del proceso histórico de la ECBI, planteado por Rodríguez (2014) en el siguiente cuadro y representado en una línea de tiempo (Ver figura N° 1).

Figura 1: Surgimiento de la ECBI. (Adaptado de Minimal Infographic Time line. www.bigstock.com73575208)



Principios de la ECBI

La metodología basada en la indagación (ECBI), se fundamenta en 10 principios básicos, Rodríguez (2014), que determinan el rigor científico y explican las etapas en que se desarrolla la misma; garantizando con ello, la adquisición de competencias y la potencialización de habilidades científicas para: observar, analizar, describir el entorno en el que viven, buscar, seleccionar, organizar la información y usarla para formular explicaciones; para, fomentar el trabajo colaborativo, al saber compartir sus ideas, hallazgos e inquietudes; para tomar decisiones

frente a situaciones, previo análisis y para buscar y proponer soluciones a problemas determinados que se puedan presentar, (Rodríguez, 2014). Estos principios son:

- Los estudiantes observan un problema que es real y que les resulta familiar. A partir de este problema hacen una investigación que les permite descubrir el conocimiento que se asocia al problema.
- En el desarrollo de la investigación, los estudiantes van elaborando hipótesis y planteando argumentos con sus propias palabras. Ellos discuten sus propias ideas y poco a poco van construyendo su propio conocimiento.
- Las actividades que desarrollan los estudiantes obedecen a una secuencia que organiza el profesor a objeto que el conocimiento que van construyendo esté graduado y debidamente coordinado.
- Se requiere de varias sesiones semanales para un estudio acabado de un problema en particular. Esto implica que la actividad a realizar no necesariamente esté en el programa de estudio pero sí que esté relacionado o bien que sea parte de él. En todo caso, se puede modificar la duración de las actividades para ocupar más contenidos del programa.
- Cada estudiante lleva un registro individual: bitácora. En éste cuaderno especial el estudiante anota todo lo que observa, concluye y aprende del problema que está estudiando.

- El objetivo final de toda actividad indagatoria es que el estudiante se apropie, progresivamente, de aprendizajes. Así el aprendizaje les será significativo. En el proceso también habrá consolidación de la expresión oral y escrita en torno a los aprendizajes.
- En el trabajo de los estudiantes se integrará la familia y la comunidad.
- A los estudiantes les colaborarán los "pares científicos" del entorno cercano: universidades, grandes escuelas, otras entidades educacionales.
- Los centros de formación cercanos a la escuela ponen a disposición de los profesores de la escuela su experiencia en didáctica y en procesos pedagógicos.
- En Internet habrá módulos de actividades basadas en la metodología para que pueda implementar en su clase, a su vez que también habrá información y respuestas a sus inquietudes acerca de ella. Asimismo se podrá participar en redes de profesores que estén trabajando en la misma línea.

Etapas de la ECBI

La metodología ECBI (Enseñanza de las Ciencias Basada en la Indagación) se estructura en un ciclo de aprendizaje que presenta 4 etapas secuenciales, que son: **Motivación o Focalización**, en la cual el profesor plantea un problema al alumno, que despierta su curiosidad, y el alumno expresa sus concepciones previas y formula una predicción o hipótesis; **exploración**, en la que el alumno investiga, a través de sus sentidos y la manipulación de materiales y objetos naturales, registrando los datos obtenidos. En esta etapa, el alumno puede diseñar y ejecutar una manera de poner a prueba su hipótesis original; **explicación o reflexión**, el alumno comparte con sus pares y con el docente los resultados obtenidos, discutiendo posibles resultados discordantes y consensuando una posible conclusión; **aplicación o extrapolación**, en donde el aprendizaje logrado es aplicado en un contexto diferente, extendiendo y profundizando lo aprendido (Anaya, R. Carrasco, C. Cortez, R. & Navarro, M.2014). (Ver tabla N° 2).

Tabla 2: Etapas de la ECBI

| ETAPA | CARACTERÍSTICAS |
|--|--|
| FOCALIZACIÓN | Motivar la atención del estudiante. Enfocarlo en la temática o problema, mediante preguntas. Despertar el interés y la curiosidad. Registrar los preconceptos de los estudiantes. |
| EXPLORACIÓN | Observar los fenómenos o situaciones planteados. Formularse preguntas. Registrar los datos e informaciones halladas (anotarlas en el cuaderno personal) tratando de comprender |
| COMPARACIÓN Y/O CONTRASTE | Organizar los datos y resultados encontrados. Analiza y reflexiona sobre ellos. Contrastar las hipótesis formuladas y las predicciones con los conocimientos dados por la Ciencia. |
| APLICACIÓN (Extrapolar) | Reflexiona sobre lo aprendido y lo internaliza . Hace Metacognición sobre lo aprehendido . Lo aplica a problemas nuevos de la vida diaria y del entorno social: la escuela, la familia, el barrio, etc. |

Como vemos, la metodología indagatoria, es una actividad multifacética que involucra hacer observaciones, hacer preguntas, examinar libros y otras fuentes de información para saber qué es lo que ya se sabe, planear investigaciones, revisar lo que se sabe en función de la evidencia experimental, utilizar herramientas para reunir, analizar e interpretar datos, proponer respuestas, explicaciones y predicciones, y comunicar los resultados. La indagación requiere la identificación de suposiciones, el empleo del razonamiento crítico y lógico y la consideración de explicaciones alternativas (National Research Council, 1996, citado por Garritz, 2006).

Atendiendo a todo esto, para nosotros la indagación incluye una acción planeada (que puede incluir varios tipos de actividades), orientada a la búsqueda de información que ayude a establecer la validez de una respuesta preliminar. En esta metodología, la acción puede tener diferentes expresiones; una es la experimentación entendida como el diseño de un experimento, el control de variables, la identificación y el registro de datos y la mediación del docente. Otra expresión es la obtención de datos pero no provenientes de un experimento diseñado y controlado a voluntad del investigador, sino los datos de eventos o fenómenos en su entorno natural.

Por lo tanto, la indagación debe ser planeada de manera consciente por parte del docente, puesto que busca la reflexión permanente de los estudiantes, a partir de preguntas que permitan que el joven analice las diferentes alternativas de solución a la problemática planteada, el docente debe guiarlo a través de una serie de cuestionamientos que le permitan desarrollar habilidades y destrezas en la búsqueda, selección, organización, análisis e interpretación de información relevante; que pueda establecer relaciones, comparaciones, que lo lleven al

planteamiento de hipótesis para asumir una postura crítica y tomar decisiones acertadas al momento de emitir sus argumentos.

Así mismo, si bien es cierto que el docente es un guía, un orientador del proceso, quien busca la potencialización de las habilidades que conlleva el trabajar con la metodología indagatoria en los estudiantes, son ellos los que deben procesar toda esa información y reflexionar sobre ella, para poder generar cambios conceptuales que, lo lleven a plantearse nuevos interrogantes y sacar nuevas conclusiones, evidenciando de esa manera que ha desarrollado las competencias científicas.

3.1.2 Desarrollo histórico de los conceptos de Calor y Temperatura.

Según Camelo & Rodríguez (2008), actualmente el concepto calor se define desde el modelo dinámico, el cual lo conceptualiza desde dos premisas: la primera, como una forma de energía, la cual no está contenida en un cuerpo, sino que se manifiesta por las transformaciones de ella, por lo tanto se evidencia su presencia; la segunda, por la interacción de un cuerpo de mayor temperatura a otro de menor temperatura.

Por otra parte, el concepto de temperatura se define como un concepto métrico, que se refiere a la energía cinética promedio de las partículas que conforman un cuerpo, Mosterin (1978), es decir, resulta del equilibrio térmico de un sistema y es medida por un termómetro Zambrano (2000).

Sin embargo, estos conceptos han cambiado a lo largo de la historia, por ello en nuestra investigación, citamos los aspectos más relevantes de lo que es la historia y la epistemología de los conceptos de calor y temperatura, donde se hace referencia de alguna manera a la historia, filosofía y sociología de las ciencias. Iniciamos en la prehistoria con el descubrimiento del fuego, desde ahí, el ser humano se preocupó por explicar el concepto calor en cinco grandes momentos históricos como son: la teoría de los cuatro elementos, el alcahesta, el flogisto, el calórico donde estos momentos históricos son considerados de concepción sustancialistas y por último la energía, que es considerada concepción dinámica,(Camelo et al, 2008).

Teoría de los cuatro elementos

Los griegos aseguraban que el universo estaba formado por 4 elementos (tierra, aire, agua y fuego) y desde entonces hasta la publicación de las ideas escritas por Heráclito (540-475 a.c.), quien afirmaba que el fuego era el principio primordial de la materia y que de ahí dependía todo lo existente, como él, muchos filósofos apoyaban sus concepciones (Taton, 1972).

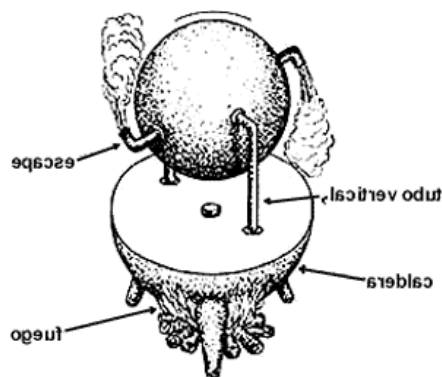
El mismo Taton (1972), hace referencia que Empédocles (493 a.c. - 433 a.c.) explica que el mundo se compone de cuatro elementos que son: agua, aire, fuego y tierra y dos fuerzas opuestas el amor y el odio, que actúan sobre estos elementos uniéndolos o separándolos dentro infinitas variedades de forma, por lo tanto no es posible la formación de nueva materia con los elementos separados y que solo pueden ocurrir transformaciones, cuando los cuatro elementos interactúan entre ellos, estas ideas cualitativas, se sostuvieron por más de un siglo, siendo Aristóteles (384 a.c. - 322 a.c.) quien agrega dos pares de cualidades a estos cuatro elementos,

caliente y frío, seco y húmedo; estas dos cualidades pertenecían a los cuatro elementos, o sea, el aire es cálido y húmedo, el fuego es cálido y seco, la tierra seca y fría, el agua húmeda y fría. Según esta concepción un cuerpo tenía temperatura dependiendo de la presencia de estas dos cualidades.

Por su parte Galeno (129-199) aplica este principio en la medicina a partir de una escala cualitativa de cuatro partes de frío (hielo) y cuatro partes de calor (agua hirviendo). En estos momentos los fenómenos de dilatación y expansión térmica de sólidos y líquidos se asociaban al calor, hasta ese momento no había referencia del concepto de temperatura, ya que la concepción aristotélica no la considero (Zambrano, 2000).

Sin embargo, la aplicación de las consideraciones expuestas por Aristóteles, sirvieron en la invención de la primera máquina térmica denominada **aeolipia**² (Figura N°2), que, según García (1997), fue construida por Herón de Alejandría (130 a.c.) solo con fines decorativos, quizás sin pensar lo trascendental que sería en el futuro de la humanidad.

Figura 2: Primera máquina térmica



²Recuperado de http://bibliotecadigital.ilce.edu.mx/sites/ciencia/volumen1/ciencia2/05/htm/sec_5.html (2002).

El Alcahesto

A mediados del siglo XVI, las concepciones aristotélicas comienzan a ser debatidas, cuando se propone la **quinta esencia de la materia**– El alcahesto - última esencia de la materia- Taton (1972), el cual fue citado por Camelo (2008). Dicha propuesta al ser estudiada fue evolucionando hasta convertirse en un agente universal, el cual hace posible las reacciones químicas, a quien más tarde se le atribuye la propiedad de transformar la apariencia física de todos los cuerpos (Cambios de estado del agua líquida a gas, por ejemplo).

Por otro lado, Taton (1972) afirma que, Van Helmont (1577-1644) realizó observaciones en la calcinación del carbono y el azufre, lo que le permitió concluir que la teoría de los cuatro elementos presentaba una contradicción, pues el fuego no era un elemento sino más bien un actor de transformación, tomando como referencia el humo producido y comparándolo con la llama, dedujo entonces, que lo material nace y desaparece sin apariencia corporal, a éste principio universal lo denominó alcahesto

Para demostrar su teoría, Van Helmont diseñó un experimento que consistió en sembrar un árbol de sauce y regarlo diariamente con agua, al cabo de 5 años se evidenció como el agua se transformó en madera, tratando así de explicar el principio de todas las reacciones químicas. Este argumento fue refutado por sus contemporáneos, con la siguiente situación, si el alcahesto transforma las cosas, ¿por qué no transforma el recipiente donde estaba contenido el árbol?, al no poder explicarlo, los argumentos de Van Helmont perdieron aceptación y eran tenidos con reservas y prudencia. En esa misma época, Taton (1972), citado por García (1985), afirma que Robert Boyle (1627-1691), contemporáneo con Van Helmont, no aceptó el principio

transformador (el alcahestro), que se fundamentaba en los cuatro elementos (fuego, agua, tierra y aire), los cuales formaban la materia; sino que más bien, se identificó con que cierta unidad de la materia, denominada **corpúsculos**, la cual en su pensamiento, considero como el término último de la materia en su descomposición, desconociendo por completo el principio universal (alcahestro).

Sin embargo, pese a que las críticas de Boyle promovieron grandes discusiones en los expertos sobre el tema, la concepción de un elemento transformador universal siguió, trascendiendo en el pensamiento científico de la época siglos (XVII y XVIII), ante esta postura, se dio un aporte nuevo al principio universal el que se denominó **flogisto** (Camelo, 2008).

El Flogisto

Para Efron (1971), citado por Camacho (2008), la concepción del agente universal no es más que el principio del fuego, esta fue enunciada por Joachin Becher (1635-1682), quien planteó que la materia constaba de dos componentes como son la tierra y el agua, diferenciándose tres tipos en la primera, tierra materia, tierra vitrificable y tierra inflamable; a esta última, Stahl le dio el nombre de **flogisto**. Cabe aclarar que no se debe confundir este concepto con el fuego material, el que se produce en la llama debido al proceso de combustión. El flogisto se concibe como un elemento inaccesible, el cual está presente en todos los cuerpos combustibles.

Al ocurrir una combustión el flogisto es desprendido por los cuerpos, y esta pérdida es la responsable de los cambios en los cuerpos quemados. Para Taton (1972), citado por Camelo (2008), uno de los aspectos más relevantes de esta teoría, es la transformación de cales en metales y metales en cales, a estos procesos actualmente se les denomina reducción. Los metales con mayor cantidad de flogisto producían mayores transformaciones, mientras que los que contenían menor cantidad de flogisto tendrían menores transformaciones, de tal manera que para Stahl (1660-1734), el metal era un compuesto de cal y flogisto, conclusión a la que llegó después de realizar observaciones en la calcinación de metales al aire libre, lo cual ponía en movimiento las partículas de flogisto hasta adquirir cierta velocidad y desprenderse finalmente el flogisto del metal.

La transformación de metales en cal no era solamente al aire libre, también se podía realizar si se disolvía el metal en espíritu de nitro (HNO_3) y se procedía a calcinar la sal, quedando solamente la cal del metal; la explicación que se daba era que el metal rico en flogisto al combinarse con el ácido nítrico, el cual no tenía flogisto, la calcinación provocaba la pérdida del flogisto de la mezcla, transformándola en cal. Si observamos el proceso inverso, la reducción, se supone que si agregamos la cantidad suficiente de flogisto a la cal, pues se obtendría de nuevo el metal, (Camelo 2008).

Esta teoría presentó serios inconvenientes, ya que no explicaba con claridad ¿por qué cuando el metal se transformaba en cal, se producía aumento de masa? y ¿por qué cuando se transformaba la cal en metal, su masa disminuía? Stahl, trató de explicar esta situación, atribuyendo en primera instancia que el metal al perder flogisto, se quedaba con la parte más

pesada de la sustancia que lo conformaba, más adelante explicó, que este hecho sucedía porque la sustancia que se calcinaba al perder flogisto, dejaba espacios que eran comprimidos por el aire, lo que generaba mayor masa en la sustancia final,(García, 1985).

A pesar de las críticas generadas a la teoría del flogisto, ésta fue acogida por la gran mayoría de químicos a finales del siglo XVII, pues, consideraban que era la mejor estructurada, aunque cabe destacar, que según Rius de Repien y Castro (1995), citado por Camelo (2008), existían dos teorías sobre el calor, la del flogisto y la de los seguidores de los atomistas griegos, quienes consideraban la corporeidad del fuego, donde concebían, que el fuego estaba formado por pequeñísimas partículas que a su vez tenían gran movilidad para penetrar la materia en todos sus estados y que sólo con su presencia realizaban los cambios. Estas eran en primer lugar, componentes del fuego y eran átomos y tenían peso y en segundo lugar, era materia que se convertía en fluido inmaterial e indestructible, al cual llamaron **calórico**.

El Calórico

Ésta teoría plantea que el calor es una sustancia, un fluido contenida en los cuerpos. Fue defendida por Lavoisier y sus seguidores, donde afirmaban que para explicar las reacciones químicas no se necesitaba de un principio hipotético llamado flogisto, el cual era el origen de la luz, el fuego y el humo negro, que se transformó en hidrógeno, por lo tanto para explicar el aumento de peso de la cal, cuando se calcinaba el metal, se debía a que el aire atmosférico se fijaba haciendo que se liberara la materia del fuego o calórico y así formar la cal correspondiente. (Mallove, 2005).

En este periodo, surgió el concepto de **temperatura** y se construyeron los primeros termómetros para medir cosas frías. Joseph Black(1728 -1799), experimentó con objetos a distintas temperaturas, los cuales, cuando entraban en contacto, tenían la tendencia a alcanzar el equilibrio térmico, a partir de estos experimentos, se afianzó la teoría del fluido invisible, que entraba y salía de los cuerpos, aumentando o disminuyendo su temperatura; el calórico se fundamenta en dos concepciones básicas como son: **I** el fluido no se crea ni se destruye y **II** la cantidad de calórico transportado de adentro hacia afuera del cuerpo, es directamente proporcional a la temperatura y a la masa del cuerpo, (Camelo, 2008).

Viéndolo de este modo, cuando a una sustancia se le introducía más calórico, éste se desbordaba en todas las direcciones, dando la sensación térmica de los objetos al rojo vivo y a su vez, permitía explicar, porqué el sol emitía radiación pese a su gran distancia. Esto significa que al poner en contacto un cuerpo caliente con otro frio, el calórico fluiría del más caliente al más frio, es decir, el cuerpo más caliente se enfría y el más frio se calienta. (Taton, 1972). Ésta teoría, explica los fenómenos de dilatación, contracción, estados de la materia, calor, temperatura y combustión no pudo determinar el peso del calórico al enfriar o calentar un cuerpo.

Mallove (2005), comenta que en esta época, las superficies expuestas a rozamiento, se calentaban si no tenían suficiente lubricante, a lo que los defensores del calórico, afirmaron que éste suceso, ocurría porque había una pérdida de fluido calórico, ya que el rozamiento, obligaba al calórico a salir del cuerpo. En el año de 1798 se demostró que tal afirmación era incorrecta, esto se logró gracias a la experiencia de fabricación de cañones en Baviera (Alemania); en éste

proceso, tanto el cañón como el taladro, se calentaban y había que suministrar abundante agua fría para refrigerarlo.

García (1985), señala que Rumford (1798), observó que de la rotura del metal no se desprendía calórico y que éste no procedía del metal, pues inicialmente estaba frío; trató entonces de medir el calórico producido, el cual llegó a ser tanto, que si se reintegraba al taladro, éste se fundiría, sin embargo, eso no sucedió, llegando a concluir que el calor no era un fluido, sino una forma de movimiento, la cual era evidente cuando las pequeñas partículas se movían al girar el taladro y que por lo tanto, el calórico que poseían los cuerpos no existía.

La Energía

Según Holton (1993), citado por Camelo (2008), el experimento de Benjamín Thompson, llamado posteriormente el Conde de Rumford (1753 -1814), con los taladros en funcionamiento originó la idea, que por rozamiento se podía generar cantidades infinitas de calor, lo que concuerda con la teoría mecanicista, la cual afirma que la energía cinética se puede transformar en calor. Este hecho era imposible argumentarlo desde la teoría del calórico, por lo cual, este paradigma predominante en la época, no permitía que las ideas de Rumford se desarrollaran, solo hasta después de 1820 cuando Joule (1818-1889), nacido en Manchester y alumno de John Dalton, realizara una serie de experimentos y establece que hay una relación entre el calor y el trabajo, calculando el equivalente mecánico del calor ($1\text{cal} = 4,186\text{ J}$) y que en realidad son manifestaciones específicas de la energía, García (1985). Paralelo a esto, en Alemania Julius Robert Mayer (1814-1878), utilizó el experimento de expansión libre de Gay - Lussac para

argumentar, que el calor generado durante el proceso, desaparecía realmente cuando efectúa trabajo mecánico; con este experimento, Holton (1993) comenta que Mayer calculó el equivalente mecánico del calor, el cual se establecía como $1\text{ cal} \approx 3,6\text{ J}$. Sin embargo, durante más de una década no se prestó mucha atención a estos trabajos investigativos de Rumford, Mayer y Joule, sólo hasta 1847 cuando Joule exponía en una reunión los resultados de sus investigaciones, en medio de toda la incertidumbre de su auditorio, un joven de 23 años de nombre William Thompson quien con los años, se convirtiera en Lord Kelvin, fue quien se interesó en la discusión de este nuevo hallazgo y fue así como a partir de 1950, los trabajos de Joule tomaran gran relevancia ante la comunidad científica, asociándola al principio de conservación de la energía, y generó la disertación sobre a quién se le daba el mérito de tal descubrimiento; desde luego ésta situación generó una lucha por parte de varios científicos que querían adjudicarse el hallazgo, pero sólo Joule es reconocido como el gran descubridor de que el calor es energía.

Historia del concepto de temperatura

Para comprender en esencia un concepto es necesario conocer su historia y epistemología ya que esto nos ayuda a vislumbrar elementos fundamentales para su didáctica. Analizaremos la evolución de este concepto sin perder de vista el de calor, pues aunque son diferentes están relacionados. Iniciemos diciendo que todo concepto parte de una concepción común, lo cual en el origen histórico no es la excepción, según Zambrano (2000); en el caso de la temperatura, sus primeras ideas se plantearon en la antigüedad donde se consideró que los cuerpos que nos rodean tenían propiedades inherentes al calor y al frío, conceptos relacionados con nuestras sensaciones

del sentido del tacto, situaciones estas, consideradas muy subjetivas, ya que Locke (1690) experimentó con personas que sumergían, unas sus manos en agua fría y otras en agua caliente; al introducirlas en agua tibia la sensación de la primera la sentía fría y la sensación de la segunda era de calor, ésta situación cualitativa, desorienta la comprensión científica de la temperatura, puesto que era necesario cuantificar los valores de ella (termometría), para verlo que en realidad sucedía (Carvalho & Castro, 1992).

La primera concepción aproximada del concepto de temperatura fue propuesta por Empédocles (484 - 424 a.c.), quién habla de cuerpos calientes y fríos; dicha idea, fue seguida por Aristóteles (384 - 322 a.c.), quien añadió dos categorías más, quedando cuatro cualidades de la materia, lo caliente, lo frío, lo húmedo y lo seco (Zambrano, 2000).

Un avance significativo a esta concepción fue desarrollado por Galeno (200-130 a.c.), antiguo médico y escritor, quien le asignó números a las cualidades caliente y frío, clasificándolas en primero, segundo, tercero y cuarto grado, aun cuando dicha clasificación estaba sujeta a las apreciaciones del médico, sin ningún tipo de significado para la física. Para Kuhn (1821) es considerada como la noción más antigua de temperatura (Zambrano, 2000).

Al -kindi (Edad Media), en Arabia tomó como referente los trabajos de Galeno e investigó qué relación podría existir entre los diferentes grados de calor y frío; en ese sentido se preguntó ¿Serán iguales los grados de calor y frío? y si no lo son ¿En qué razón numérica se representaban? Con esta pregunta insertó una diferencia importante entre la intensidad y la cantidad de calor y frío, lo cual permitió que en 1578, Joannes Haslerus, estableciera la primera

escala de temperatura numerando sus grados del 1 al 9, donde la dividió en cuatro grados de frío (habitante del polo) y cuatro grados de calor (habitante del ecuador), con esto, calculó el grado de calor o frío de un habitante en la tierra en cualquier latitud, Sherwood (1942, p131).

Es pertinente hablar que existía una concepción de escala natural por su relación con el sentido del tacto, todo ello, previo a la invención de los primeros termómetros y el concepto de temperatura, aunque éste es una magnitud escalar, su medición no se puede hacer con verla, tocarla o pesarla, es decir no se puede medir directamente; por lo tanto, fenómenos como la dilatación, el cambio de volumen por la expansión del aire y los gases, entre otros, fueron utilizados para intentar medirla. Como lo afirma Negretti y Zambra (1958), cuando John Dalton observó la expansión del aire por cambios en la temperatura, éste fenómeno es fácilmente observable por el cambio de volumen, lo cual permitió que Phylo de Bizancio desarrollara el termoscopio, con el fin de observar el efecto de la temperatura en la expansión del aire. El problema era que el instrumento era de orden cualitativo y no medía la temperatura; lo que marcó la pauta por inventar un instrumento calibrado para medir la temperatura (el termómetro).

El primer termómetro consistió en un tubo abierto en el extremo superior y terminaba en un bulbo de vidrio en el extremo inferior, este se calentaba en las manos y se introducía invirtiéndolo en el recipiente donde se encontraba el aire en expansión, debido a que era un tubo abierto, tenía incidencia de la presión atmosférica y por lo tanto la medición no era muy precisa. Esto generó el reto de perfeccionar el termómetro, el cual, se trabajó desde 1592 hasta el 1714, para llevarlo a ser como los conocemos hoy en día. Todo ello se desarrolló con la intervención de varios científicos, entre los que se destacan Galileo y Drebbel, Santorio y Fludd, Ferdinand II y

finalmente el termómetro de Fahrenheit, que fue calibrado en 1714. Al lograrse medir la temperatura Black (1803), planteó que el frío era un caso particular del calor y este fluye del cuerpo más caliente al más frío. Por lo tanto, la temperatura es un caso diferente al calor, se asocia a un estado de **equilibrio térmico**, que a su vez se asocia a la **ley cero** de la termodinámica (Zambrano, 2000).

3.1.3 Cambio Conceptual

Haciendo una revisión bibliográfica encontramos que el término Cambio Conceptual es un término polisémico en diferentes áreas del saber, así mismo, a partir de las diversas investigaciones realizadas en la enseñanza de la ciencias naturales, el término cambio conceptual presenta diferentes significados, tal como lo plantea Schotz, Vosniadou y Carretero (2006).

Para Duit, R. (2006, cap. 6, p. 219), el término cambio conceptuales sinónimo de “aprendizaje”.

Los constructivistas como Taylor (1993, p. 268), parten del planteamiento de ver el conocimiento “como un proceso de construcción cognitiva de tipo personal, que asume un individuo cuando pretende darle significado a su entorno social y natural”. A partir de dicho planteamiento, otro grupo de constructivistas como Good y otros (1993), Steffe y Gale (1995), Tobin (1993), Treagust, Duit y Fraser (1996), hacen aportes importantes para la enseñanza de las ciencias; a los cuales, Duit (1993), hace un análisis crítico, concluyendo que “el cambio

conceptual se produce cuando hay una significativa reestructuración de los conocimientos previos”. Sin embargo, estas ideas previas, según lo planteado en algunas investigaciones podrían diferir ampliamente de las concepciones científicas, convirtiéndose en un obstáculo epistemológico. (Pozo y Gómez, 2009).

Por otra parte, para Duit (2006, p. 220), surge la necesidad de diferenciar entre el Cambio Conceptual y Desarrollo Conceptual, el cual se presenta a partir de las ideas previas y se puede definir como la necesidad que tiene un individuo de ampliar y de enriquecer las ideas previas; es decir, las ideas previas generan nuevas ideas pero más evolucionadas.

Duit (2009), hace alusión a la concepción de cambio conceptual y como lo relacionan autores como:

Piaget (1985), lo relaciona con la teoría de la asimilación y la acomodación; Posner (1982) con la “acomodación”; Rumelhart y Norman (1981), hablan de “aumento” por un lado y “sintonización o evolución de esquemas” y “reestructuración o construcción de esquemas” por otro lado. Carey (1991), distingue entre “enriquecimiento” y “cambio conceptual”; el mismo autor en 1985, habla de reestructuración “débil” o “radical”; Vosniadou (1994), establece una diferenciación entre “enriquecimiento de la teoría” y “revisión o cambio de la teoría”. Kuhn (1970) (of Nussbaum, 1983), diferencia entre “evolución” y “revolución”, haciendo alusión a la terminología utilizada en la enseñanza de las ciencias naturales. Existe una tendencia a emplear el término Cambio Conceptual como sinónimo de “revolución”, por lo que ese

término implica, es decir, reestructuración significativa de las concepciones previas. (p. 220).

Además, también hace alusión a la Teoría Inicial del Cambio Conceptual, propuesta por Strike y Posner (1992, p. 148), la cual plantearemos más adelante, así como algunas críticas hechas a la misma teoría por autores como Linder (1993), O’Laughlin (1992), el mismo Posner y Strike (en la Teoría revisionista del cambio conceptual, 1992); inclusive Duit (2009), hace algunos comentarios acerca de la visión actual de la teoría del cambio conceptual, donde dice que en el ámbito de las ciencias naturales, el cambio conceptual debe ser mucho más complejo.

Por otra parte, Duit (2006), hace referencia a la resistencia a modificar las concepciones que tienen los estudiantes acerca de las ciencias, sobre todo aquellas que están muy fijadas a sus experiencias cotidianas; es decir que de acuerdo a la naturaleza de las concepciones previas y el contexto en el que se desenvuelva el estudiante. Se habla entonces de “ideas atrincheradas” o “creencias atrincheradas”, Pfundt (1981), Preece (1984), Vosniadou y Brewer (1992), las cuales en algún momento Pozo y Gómez (2009), Tiberghien y Erickson (1999), establecen que se pueden convertir en un obstáculo en el proceso de enseñanza – aprendizaje, puesto que obstaculizan la concreción del cambio conceptual.

Continuando con nuestra revisión bibliográfica, Ríos (2007), plantea que el “Cambio conceptual es considerado como una perspectiva epistemológica constructivista del aprendizaje, que se presenta cuando son reemplazadas o cuando coexisten las ideas previas con los conceptos científicos acerca de un determinado fenómeno”. Como corriente de aprendizaje, ha sido

planteada por Posner, Strike, Hewson, Gertzog (1982), quienes establecen las primeras características del aprendizaje por cambio conceptual.

Posner, et al (1982), citado por Ríos (2007), parten de que todo conocimiento se origina en la experiencia del sujeto y aseguran que las ideas nuevas no se adhieren a las viejas, sino que existe una interacción entre ellas, ocasionando una modificación. Para Posner el cambio conceptual surge por la acomodación, es decir, la interacción entre las ideas nuevas y las viejas, ocasionando la modificación, la cual debe ser comprendida, juzgada, orientada o rechazada en un contexto conceptual existente.

Para Posner y Strike en la Teoría inicial del cambio conceptual (1998, p. 148), plantea que éste se promueve a partir de 4 condiciones muy concretas

- a. Insatisfacción de las concepciones existentes.
- b. Una nueva concepción tendrá que ser comprendida.
- c. La nueva concepción tendrá que ser plausible.
- d. La nueva concepción podrá sugerir la posibilidad de un programa de investigación fructífero.

Además, dicha teoría, da respuesta a la pregunta ¿Cómo hacen los educandos para hacer la transición de una concepción a otra?, al hacer énfasis en que las concepciones de los alumnos sufren una transformación durante el proceso de aprendizaje y se centra en lo que Duit (1993), llamó la reestructuración significativa de los conocimientos previos.

A pesar de todo, la teoría inicial del cambio conceptual sufrió una serie de críticas hechas por autores como Linder (1993), Martón (1981, 1986), el mismo Posner y Strike (en la Teoría revisionista del cambio conceptual, 1992); inclusive Duit (1993).

La crítica de Linder (1993), está orientada a la importancia del contexto en determinadas concepciones, por lo que plantea la necesidad de los alumnos de establecer relaciones significativas con las nuevas concepciones en determinados contextos.

Por su parte Martón (1981, 1986), establece que las concepciones deben ser analizadas desde dos perspectivas diferentes, una “basada en el modelo mental”, en la cual, se entiende la concepciones como representaciones mentales (constructos mentales tangibles). La otra “basada en la experimentación”, o sea, las concepciones son caracterizaciones de categorías de descripciones que reflejan las relaciones que establecen los individuos con el mundo.

Posner y Strike (1992), hacen una crítica sobre la teoría inicial del cambio conceptual, planteando lo que llamaron la Teoría revisionista del cambio conceptual, en la que sostienen que es necesario tener una visión desarrollista e interaccionista de la ecología conceptual, que según Toulmin (1972), representan estructura conceptual existente en los alumnos como componentes de un ecosistema ambiental.

Por último, Duit (1996), hace algunos comentarios acerca de la visión actual de la teoría del cambio conceptual, donde dice que en el ámbito de las ciencias naturales, el cambio conceptual debe ser mucho más complejo y cita a Pintrich y otros (1993), al establecer que tanto

las ideas preconcebidas por los estudiantes sobre los contenidos, o sea, lo que piense el estudiante acerca las ideas científicas, además de las de enseñanza y aprendizaje, las actitudes y las creencias emocionales, constituyen factores determinantes y significativos del cambio conceptual. Además es necesario que se produzcan esos cambios en una multiplicidad de niveles, porque tanto profesores como alumnos, poseen una visión muy limitada en la enseñanza de las ciencias (Lederman, 1992) y de la metacognición (Baid &Northfiel, 1992).

Otro de los autores importantes en la concepción de cambio conceptual, citado por Ríos (2007), es Tiberghien (1994), para quien, las ideas de los estudiantes y las teorías científicas, interaccionan, al igual que para Posner et al (1982); pero difieren en que el cambio conceptual se da por la modelización; es decir, que los estudiantes elaboran “teorías” y “modelos” para explicar los fenómenos naturales, al igual que lo hace la ciencia. Además considera que ese proceso de modelización, se da por la interacción del aprendizaje de los estudiantes y la epistemología de las ciencias.

Tiberghien (1994), concibe la modelización como la relación existente entre el mundo material y el sujeto que desea conocerlo, lo que significa, que cuando un científico interpreta y predice hechos experimentales no aplican teorías, sino que con base a éstas, elaboran modelos que les ayudan a explicar la situación.

El mismo autor en 1995, considera que los estudiantes tienen dificultades en aprender conceptos físicos por la brecha existente entre el significado construido por los estudiantes y

ciertos aspectos del conocimiento físico, debido a la independencia que hay entre la estructura del conocimiento de los estudiantes y la estructura del contenido de la enseñanza de la física.

Por otro lado, Tiberghien (1994), identifica diferentes tipos de aprendizaje, que tienen que ver con los niveles que constituyen el proceso de modelización, que para el caso de los científicos, dicho proceso de modelización abarca tres niveles que son: Teoría, modelo y Campo experimental de referencia; los cuales explica de la siguiente manera:

a. **Nivel de teoría del científico.** Posee un paradigma inmerso en una causalidad, principios y leyes, aunado a una explicación de lo observado y que está fuertemente relacionado a tres factores, los antecedentes teóricos, los hechos experimentales y las explicaciones que se dan a esos hechos.

b. **Nivel del modelo del científico.** Concibe el modelo como una relación o intermedio entre la teoría del sujeto y el mudo material, es decir, el modelo no es una representación del fenómeno, sino que representa una característica de la realidad, en el que se establecen relaciones funcionales cualitativas y cuantitativas.

c. **Nivel del campo experimental de referencia del científico.** Implica una situación experimental en la cual se valida la construcción teórica y el modelo, comprende valores, hechos y recursos experimentales, considerados como intermediarios entre el nivel del objeto – evento y el modelo.

Tiberghien (1994), asegura que los estudiantes, pueden llegar a desarrollar los tres niveles de modelización al igual que los científicos, o sea, que pueden también construir teorías y modelos cuando interpretan algún fenómeno o evento, éstos deben ser coherentes con su contexto social, dependiendo de su punto de vista y de su experiencia.

En el Nivel de teoría del estudiante, el joven da una explicación de causa – efecto relacionado con lo que percibe, lo cual para Tiberghien puede convertirse en un “obstáculo epistemológico”, es decir, en una dificultad para adquirir el conocimiento.

Según el mismo autor, entre los estudiantes entre 13 y 14 años, se da el principio de la causalidad (a la que él llamo “causalidad Aristotélica”), es decir, para la Ciencia, todo efecto tiene una causa, la cual puede ser de diferentes orígenes y Aristóteles las clasifica en cuatro tipos, **causalidad material, formal, eficiente y final**. Las dos primeras son intrínsecas y constitutivas del ser y las dos últimas son extrínsecas y explican el devenir.

La **causalidad material**, obedece al origen material del efecto, ósea, aquello de donde surge, nace o llega a ser algo (la lana es caliente, por lo tanto calienta; el ser caliente o el calentar es una propiedad de la lana); la **causalidad motriz o eficiente**, plantea el principio o el agente que causa el movimiento o el cambio (la causa por la que el agua hierve es por el aumento de la temperatura); la **causalidad formal**, determina la esencia del objeto y la esencia del ser (en el ejemplo del que el agua hierve, el metal del que está hecho la olla es la causa para que hierva más rápido); por último la **causalidad final**, es la meta del ser (el metal guarda o almacena el calor, que es al final la verdadera causa de que el agua hierva)..

En el **Nivel del modelo del estudiante**, están muy cerca de los objetos y eventos que son directamente percibidos por ellos, es decir busca un mediador que le permita explicar la causa del evento, mientras que en el **Nivel del campo experimental de referencia del estudiante**, se da la confrontación de las ideas previas con un experimento.

El estudio de estos niveles de modelización, hacen que Tiberghien (1994), plantee la existencia de varios tipos de aprendizaje en el estudiante, que van a depender de la forma cómo el estudiante emplee dichos modelos y los docentes puedan identificar en qué nivel de modelización se encuentre el estudiante; aprendizajes que tienen relación con la forma cómo se plantean las ideas previas, su utilización y el grado de explicación que puedan dar de ellas, con la confrontación de las mismas con su contexto a través de la experimentación, la cual va a permitir que se modifique parcialmente (cuando sólo se modifica el modelo inicial), o que se presente la modificación completa del modelo, o sea, el cambio conceptual, al que se le pueden incluir nuevos elementos, para crear un nuevo modelo que le permita no solo enriquecer el inicial, sino también modificarlo , perfeccionarlo y aplicarlo a otros contextos.

Por su parte Mortimer (1996), citado por Ríos (2007), habla del aprendizaje por evolución conceptual en el aula, basada en la noción de “Perfil Conceptual” (PC), presentado a mediados de 1990, quién lo propuso como una forma de modelar la heterogeneidad del pensamiento y el lenguaje en la clase de ciencias. Fue desarrollado inicialmente como una alternativa al modelo de cambio conceptual de Posner et al (1982), rechazando la idea de llevar al estudiante a romper con sus concepciones previas como requisito para aprender ciencias.

Según Pedreros (2012), en su tesis doctoral *Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias*, la noción de PC fue inspirada en la idea de Perfil Epistemológico (PE) de Bachelard (2003). En esta perspectiva, el PE tiene la pretensión de constituirse como una herramienta que vislumbra las rupturas históricas que se han sucedido en la conformación de los conceptos científicos, y sobre este psicoanálisis determinar los obstáculos que ha superado el conocimiento hasta la construcción de las teorías recientes. Estos “estados de pensamiento” por los que discurren las diversas conceptualizaciones (realismo ingenuo, racionalismo primero, racionalismo de la mecánica racional, racionalismo completo, racionalismo discursivo) al ser planteados como perfil, proporcionan una descripción de los procesos de consolidación de un proceso particular. (Orozco, 1996).

Por otra parte la misma autora, citando a Mortimer (1996), establece que la noción de PC puede ser usada para la estructuración de las ideas relativas a un determinado concepto y para describir la evolución de las ideas –tanto en el espacio social de la clase como en los individuos – como consecuencia del proceso de enseñanza.

La teoría de los PC, contempla que en cualquier cultura o en cualquier persona no existe una única forma homogénea de pensar sino que existen diferentes tipos de pensamiento verbal. Dicha heterogeneidad favorece la coexistencia en el individuo de dos o más significados para una misma palabra o concepto, que se emplean correctamente en diferentes contextos. Esta coexistencia es posible también en un concepto científico, en el que la visión clásica y moderna de un mismo fenómeno no es siempre equiparable. En los PC, la evolución conceptual no es

entendida como la sustitución de las concepciones previas de los aprendices por ideas científicas, sino como un enriquecimiento del espectro de ideas con el que se dispone para la comprensión de un asunto dado (Mortimer, 1994, 1998, 2000, 2001).

Los PC están constituidos por varias “zonas”; llamadas por Mortimer “Zonas de Perfil”. Cada una de ellas tiene unas características ontológicas y epistemológicas, dado que al tratar con el mismo concepto, cada zona de perfil sería diferente, teniendo en cuenta dichas características y dependiendo del nivel en que se encuentre el estudiante, según Tiberghien (1994) y el grado de evolución conceptual, planteado por Vigotsky (1978, 1987, 2000), donde establece que el pensamiento conceptual emerge de un plano social, intermedio, para luego ser internalizado por los individuos, construyendo el plano intramental, es decir, va de lo externo a lo interno.

Dicho de otras palabras, cada zona de perfil representa un modo particular de pensar o de atribuir significado a un concepto. Cada modo de pensar puede estar relacionado con un modo particular de hablar. Por lo que esas zonas de perfil, estarían estableciendo los diferentes niveles de pensamiento, teorías o modelos de los que habla Tiberghien. Además, el PC sería dependiente del contexto, debido a que está influenciado fuertemente por las distintas experiencias que cada individuo sufra y tenga a lo largo de su proceso.

Por lo tanto, para Mortimer (1996), el aprendizaje se presenta cuando el individuo es capaz de cambiar de un nivel del perfil conceptual a otro, siendo consciente de las diferentes zonas de perfil.

Para efectos de nuestra investigación, nos aporta la investigación realizada por Amaral y Mortimer (2001), relacionada con una propuesta de PC para la noción de calor, en la cual se aplicó la noción de obstáculo epistemológico utilizada para identificar compromisos filosóficos implícitos en el desarrollo histórico del concepto y en las concepciones de los estudiantes. El trabajo de Chi (1992), que muestra algunas de las dificultades de aprendizaje de los conceptos en ciencias a partir de una categorización ontológica básica del conocimiento, es utilizado para identificar los obstáculos ontológicos en el desarrollo del concepto. Al final del análisis fue hecha una estructuración de las ideas considerando la noción de PC de Mortimer (1995), con la determinación de cinco zonas para el PC de calor: realista, animista, substancialista, empírica y racionalista.

Establecen los investigadores, que al revisar el desarrollo histórico de las ideas presentadas por los alumnos en la clase, encuentran que es posible realizar una categorización y análisis de las principales ideas con relación al concepto de calor. Las categorías establecidas pueden representar zonas que están vinculadas a compromisos epistemológicos y ontológicos distintos y apuntan a posibles obstáculos en el desarrollo del concepto científico.

Amaral y Mortimer (2001), consideran que los resultados de la investigación en concepciones alternativas de los niños y adolescentes son una fuente importante para la determinación de las zonas pre-científicas, dado que en el contexto de la educación científica, a pesar de que cada individuo tiene un perfil diferente, las categorías por las cuales ello es mezclado dentro de una misma cultura, son las mismas para cada concepto.

A partir del análisis hecho para las ideas de calor, se pudo proponer un PC de calor constituido por cinco zonas, a saber:

- **Realista:** la idea calor vinculada estrictamente a las sensaciones, sin que sea acostumbrada una reflexión sobre su naturaleza. En este sentido, puede existir una tendencia a hacer elaboraciones superficiales que no ultrapasan las sensaciones. Se encuentran en esta zona las ideas de sentido común relativas al calor y a la temperatura.

- **Animista:** representa la idea de calor como sustancia viva o capaz de construir la vida, imbuida de una fuerza motora inherente, pudiendo aún ser asociada a la idea de que los objetos o materiales poseen voluntad de dar o recibir calor.

- **Substancialista:** el calor es considerado como una sustancia que puede penetrar otros materiales, siendo esa una idea que va a estar presente hasta mediados del siglo XIX entre los científicos, y puede ser frecuentemente observada en contextos didácticos y que su uso no sea consciente.

- **Empírica:** está relacionada con el uso del termómetro, que proporciona condiciones para la realización de experimentos en donde el calor puede ser medido. Los experimentos muestran divergencias entre el calor y las sensaciones, permitiendo la elaboración del concepto de calor específico y que se haga la diferenciación entre el calor y la temperatura.

• **Racionalista:** el concepto de calor es pensado como una relación entre la diferencia de temperatura y el calor específico, se constituye en un “cuerpo de nociones y ya no apenas como un elemento primitivo de una experiencia inmediata” (Bachelard, 1978). Esta zona del PC puede ser desbordada en otras zonas para diferentes niveles del racionalismo, lo que constituye una propuesta para la continuidad de este trabajo.

Los investigadores plantean que en situaciones de enseñanza, lo que se puede observar es que un mismo estudiante presenta más de una forma de pensar sobre el calor, dependiendo de la situación o contexto a que ello se refiera. El estudio de las ideas de los alumnos en la clase puede ser hecho a partir de la identificación del contexto de producción de las ideas, teniendo en cuenta las diferentes maneras de hablar vinculadas a diferentes contextos y zonas del perfil.

Por último, concluye Pedreros en su trabajo sobre PC, que la distinción de las zonas de perfil, posibilita la ubicación de los modos de pensar y hablar tanto en las ideas de la historia y la filosofía de la ciencia como en las ideas de los estudiantes en el aula, en situaciones de aprendizaje, en donde se propicia la evolución del PC. Esto permite ubicar el valor pragmático y marco de referencia desde los cuales hablan los sujetos y comunidades a partir de la distinción de los aspectos epistemológicos y ontológicos subyacentes en esos modos de pensar y hablar. Se reconoce que existe un perfil para cada individuo, pero este se constituye en el entramado de significaciones de los contextos en los cuales se moviliza el sujeto, es decir, en su cultura de origen.

El trabajo en torno a los PC, permite considerar la pluralidad epistémica y cultural tanto en el aula como en las comunidades científicas, lo cual se constituye en una alternativa para el reconocimiento del otro, su distinción y diálogo, particularmente en el aula.

Teniendo como referente todo lo anterior, el presente trabajo de investigación, se realizó con estudiantes de 10° de dos colegios diferentes en los cuales se aplicaron diferentes metodologías: por un lado la ECBI (Enseñanza de la Ciencias Basada en la Indagación), en el Colegio N° 1 y la ABP (Aprendizaje Basado en Problemas), en el Colegio N°2. En ambas escuelas se aplicó un pretest con el fin de conocer las ideas previas de los estudiantes y a partir de ellas, establecer el momento histórico de la evolución del concepto de calor y de temperatura en donde se encontraba cada estudiante al dar sus respuestas; luego se aplicaron las metodologías en los diferentes colegios y una vez finalizado el proceso, los estudiantes contestaron un postest con el fin de determinar por un lado, si hubo Cambio Conceptual en ellos y por otro lado cuál de las dos metodologías fue más asertiva y determinante en el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura.

3.2 Marco Conceptual

Aquí presentamos en forma breve los conceptos centrales utilizados en esta investigación, dentro de los cuales están la indagación, la ECBI, las ideas previas, el cambio conceptual, la metodología ABP, los conceptos de calor y temperatura.

La indagación es un término polisémico, algunos autores, la consideran como una competencia ICFES (2010); otros como Garriz (2006), la define como el proceso utilizado por

los científicos para estudiar el mundo natural y proponer sus explicaciones; en ésta investigación la asumimos como una metodología de enseñanza, para facilitar el aprendizaje de conceptos científicos, Schwab (1966).

ECBI se define como enseñanza de las ciencias basada en indagación, planteada por Lederman &Charpak (1996).

IDEAS PREVIAS, son concepciones a tener en cuenta al iniciar la implementación de las metodologías de enseñanza, Pozo &Gómez (2009).

CAMBIO CONCEPTUAL, considerado como un proceso de modelización, por la interacción del aprendizaje de los estudiantes y la epistemología de las ciencias, Tiberghien (1994).

CALOR, se define como una forma de energía, Tippens (1996).

TEMPERATURA, se refiere a la medida de la intensidad de calor en un cuerpo, Tippens (1996).

METODOLOGÍA (ABP) aprendizaje basado en problemas. Barrows (1986) la define como un método de aprendizaje basado en el principio de usar problemas como punto de partida para la adquisición e integración de los nuevos conocimientos. Esta metodología se origina en el año 1960 en la facultad de medicina de la Universidad de McMaster Canadá, donde se destaca

que el problema planteado por el profesor debe producir conflicto cognitivo en el estudiante para conducirlo al aprendizaje. Para lograr con éxito este proceso se debe generar el proceso con las siguientes fases: leer y analizar el escenario del problema, realizar una lluvia de ideas, hacer un listado de lo que se conoce, hacer un listado de lo desconocido, hacer un listado de lo que se necesitan para resolver el problema, definir el problema, obtener información y presentar los resultados. Todos estos pasos están encaminadas con la mediación del docente, para lograr que el estudiante logre un aprendizaje significativo.

4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La constitución política colombiana de 1991 y la ley general de la educación de 1994 enfatizan la importancia de garantizar una educación de calidad a nivel de la Educación Básica y Media, situación que se hace realidad con la implementación de los estándares curriculares entre los que se encuentran los de Ciencias Naturales en el 2003, los cuales estructuran el proyecto educativo institucional y desde ésta orientación general, cada maestro organiza su currículo para llevarlo al aula de clase, donde se desarrolla el proceso transformador de la educación. Dadas estas características, el salón de clases, se convierte en el laboratorio óptimo de esta investigación, ya que es el punto crítico donde encontramos los problemas a resolver. La literatura investigativa nos muestra, que no hay muchas investigaciones en la costa atlántica a nivel de bachillerato, específicamente en 10°, que estén relacionadas o que incluyan el trabajo con los conceptos de calor y temperatura.

Ahora bien, desde la revisión bibliográfica se destacan tres aspectos importantes en cuanto al aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura. Por un lado, las dificultades de los estudiantes en la concepción de calor y temperatura, Tiberghien y Erickson (1999), plantean la siguiente pregunta de investigación ¿Por qué parecen tener los alumnos tantas dificultades para captar algunos aspectos de la concepción científica del calor y de la temperatura? Para analizar detalladamente las dificultades que presentan los alumnos, se describen algunas actitudes y creencias inadecuadas de los estudiantes con respecto a la naturaleza de las ciencias y su aprendizaje. Pozo & Gómez (2009), explican que aprender ciencias usualmente implica repetir de la mejor forma las explicaciones del profesor, nunca buscar sus propias respuestas sino

conformarse con lo que dice el profesor y los libros de texto, están basados en el conocimiento científico, el cual, solo sirve para el trabajo en el laboratorio, para investigar y para inventar cosas nuevas, pero en la vida cotidiana no sirve para nada, a su vez está presente en el origen de todos los descubrimientos tecnológicos y acabará por sustituir todos los saberes. Los científicos son personas muy inteligentes y raras, que viven encerradas en los laboratorios. Todas estas dificultades se fortalecen cuando en el aula de clases, el maestro muestra la ciencia como algo acabado, sin tener en cuenta los constructos teóricos que la humanidad ha realizado para explicar un concepto.

Evidenciando así, un segundo aspecto en el cual Pozo y Gómez (2009), afirman que se debe abordar la enseñanza de las ciencias como un saber histórico provisional, donde el estudiante construya el concepto con búsqueda de significados e interpretaciones y no como un proceso memorístico acabado y limitado, ante tal afirmación, los docentes de ciencias naturales en el bachillerato, no tienen en cuenta la historia de los conceptos y de ese modo acompañan el proceso con inconsistencias conceptuales, que al realizar la mediación docente, terminan

Obstaculizando en vez de facilitar el aprendizaje de los estudiantes.

Por último un tercer aspecto que abordan Beltrán y Quijano (2008), es que la mayoría de los profesores no son conscientes de sus concepciones, de modo que la relación entre sus pensamientos, no es coherente con su actuación pedagógica en el aula de clases. Ante esa situación, es necesario que el profesor tenga claridad de la metodología a implementar, la cual debe crear ambientes adecuados para el aprendizaje, ya que toda práctica debe ir soportada de

una buena teoría. Todas estas situaciones aquí planteadas, nos permite formular la pregunta problema de la cual parte esta investigación.

Desde las anteriores consideraciones, la presente investigación está orientada por la siguiente pregunta problema:

¿Qué cambios conceptuales es posible evidenciar al implementar la metodología ECBI para el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura en los estudiantes de décimo grado de dos instituciones educativas?

De la anterior surgen las siguientes sub preguntas que nos permiten orientar las conclusiones de nuestra investigación.

¿Cuáles son las ideas previas de los estudiantes sobre los conceptos de calor y temperatura?

¿Cuál es el cambio conceptual en las ideas previas de los estudiantes acerca de los conceptos de calor y temperatura aplicando la metodología ECBI?

5. OBJETIVOS

5.1 Objetivo General

Describir los cambios conceptuales que es posible evidenciar al implementar la metodología ECBI para el aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura en los estudiantes de décimo grado de dos instituciones educativas.

5.2 Objetivos Específicos

- Identificar las ideas previas de los estudiantes con respecto al concepto de calor y temperatura de los estudiantes de décimo grado de dos instituciones de Barranquilla.
- Evidenciar los cambios conceptuales según las categorías de los conceptos de calor y temperatura de los estudiantes de décimo grado de dos instituciones de Barranquilla en los grupos control y experimental.

6. HIPÓTESIS

El desarrollo de la (ECBI) en el aula, facilita el cambio conceptual en el aprendizaje de los conceptos calor y temperatura.

7. METODOLOGÍA

En este capítulo se presentará el enfoque de la investigación, el diseño, las variables, la población, las técnicas, los instrumentos y los procedimientos pertinentes y la forma en que se llevó a cabo esta investigación.

7.1 Enfoque de la Investigación

Por los planteamientos de Hernández, Fernández y Baptista (2010), esta investigación corresponde a un enfoque cuantitativo el cual se caracteriza por realizar análisis causa- efecto entre las variables involucradas, acompañadas de un proceso sistemático que da cuenta del orden del manejo de la información, lo que permite realizar predicciones de fenómenos, todo esto tiene como punto de partida un problema delimitado y concreto, que debe ir acompañado de los antecedentes teóricos que lo sustenten, evidenciándose con un análisis estadístico de datos cualitativos o cuantitativos en una muestra buscando de esta manera comprobar una hipótesis o replantearla para buscar nuevas explicaciones al fenómeno estudiado y de esta manera comprenderlo y realizar predicciones en su comportamiento.

Por lo planteado anteriormente se escogen dos grupos de estudiantes de décimo grado: el grupo experimental donde se aplicará una serie de procedimientos orientados por la metodología enseñanza de las ciencias basada en indagación (ECBI) y luego se aplicará un cuestionario para determinar el cambio conceptual, en función del aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura. Este enfoque nos permitirá establecer algunas diferencias en la aplicación de la metodología (ECBI) (causa –efecto), al compararla con la metodología aplicada al grupo dos (control), que es la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP) y poder evidenciar el cambio conceptual y así mejorar el aprendizaje de los estudiantes.

7.2 Diseño de la Investigación

El diseño de esta investigación corresponde al de pretest - posttest con grupo control en un cuasiexperimento longitudinal, el cual se caracteriza por aplicar una pre prueba al inicio en los grupos experimental y control, con el propósito de identificar las ideas previas en cada uno de ellos y al mismo tiempo serviría para ver el grado de acierto o confusión en las concepciones de calor y temperatura presentadas; esto con el fin que se inicie sin ningún tipo de ventaja o desventaja y garantizar la objetividad en los datos obtenidos al momento de implementar las metodologías (ECBI) y (ABP). Con este procedimiento se puede evidenciar la efectividad de las metodologías, valorando el cambio conceptual presentado a través de la post prueba.

A partir de los resultados obtenidos, se realizaron comparativos que muestran el comportamiento de las variables antes y después de la intervención, encontrando entre ellos una correlación que permita comprobar o falsear la hipótesis planteada.

Según lo anterior y lo planteado por Hernández, et al (2010), en este tipo de diseño de investigación permite observare identificar tendencias de una variable en dos momentos claves como son el antes de la implementación y el después, lo cual permite determinar la eficacia de la causa en función de su efecto producido.

7.2.1 Diferenciación de Variables (Dependientes e independientes)

La diferenciación de variables en independientes y dependientes permite establecer un orden jerárquico en la manera como se inicia la organización de los datos garantizando la correlación real entre ellos para que al finalizar se note efectos de correlación entre ellas. Por lo tanto, en esta investigación las variables independientes son la metodología enseñanza de la ciencia basada en la indagación (ECBI) y la metodología aprendizaje basado en problemas (ABP), las cuales afectan a las variables dependientes ,que corresponden al cambio conceptual en los conceptos de calor y temperatura en los estudiantes de décimo grado.

7.2.2 Variables controladas y no Controladas

Las variables controladas son la metodología (ECBI) teniendo en cuenta que el docente fue capacitado en esta y la (ABP) partiendo que hace parte del modelo pedagógico de la

institución de acuerdo al (PEI). Estos dos criterios son los referentes que se toman en cuenta para establecer las variables independientes que van a incidir en las variables no controladas que serán en ambos casos el cambio conceptual en las dos categorías calor y temperatura que se medirán por el pretest y el postest.

7.3 Población y participantes

El estudio se realizó con dos grupos de estudiantes de décimo grado. La población de esta investigación está representada en dos instituciones educativas de carácter oficial del distrito de Barranquilla, las cuales son colegio N° 1, ubicada en el sur-occidente que tiene 38 estudiantes de los cuales 21 son del género masculino y 17 son del género femenino, con un rango de edades entre los 14-18 años, a cargo del profesor Popescu³, Lic. en Matemáticas y Física; el colegio N° 2, ubicado en la zona centro, el cual tiene 29 estudiantes en grado 10°, donde 12 son del género masculino y 17 son del género femenino, con un rango de edades entre los 14 -18 años a cargo de la profesora Fisher⁴, Lic. En matemáticas y Física. (Ver tabla N° 3).

Tabla 3: Población y participantes

| INSTITUCIÓN | COLEGIO N° 1 | COLEGIO N° 2 |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| UBICACIÓN | Barrio Ciudad modesto. | Barrio Chiquinquirá. |
| MUESTRA | 21 Hombres 17 Mujeres | 12 Hombres 17 Mujeres |
| EDADES | 14 -18 años | 14 – 18 años |
| PROFESOR | Popescu | Fisher |

³ Nombre sugerido por el docente.

⁴ Nombre sugerido por la docente.

7.4 Técnicas

7.4.1 Elaboración y aplicación de cuestionario para determinar ideas previas

Una de las técnicas utilizadas en esta investigación es la aplicación de un test, tomado de la investigación realizada por Silveira & Moreira (1996), el cual fue validado partiendo de la aceptación pluralizada, de que la entrevista clínica es la mejor forma de detectar el conocimiento previo de un aprendiz, sin embargo no es viable para la investigación en el aula, pues se requiere de mucho tiempo y experiencia. Debido a esto, éste test se construyó, a partir de indicadores obtenidos con entrevistas y fue validado por sucesivas aplicaciones, Silveira & Moreira (1996).

En dicho test se indaga si el estudiante comprende los conceptos de calor, temperatura y energía interna. Para efectos de esta investigación se tomaron como referente 6 preguntas que aplican para calor y 6 para temperatura, donde se generan 8 posibles respuestas a cada pregunta con el propósito de determinar inicialmente sus ideas previas en ambos grupos.

7.4.2 Aplicación de Pretest- postest

El mismo test utilizado para determinar ideas previas, es utilizado posteriormente como un postest, con el fin de recolectar la información para contrastar las concepciones de los estudiantes después de aplicadas las dos metodologías en los diferentes colegios, por los dos profesores.

7.4.3 Grabación de videos de clase

Otra técnica empleada es la grabación de videos de las clases con el consentimiento de los docentes investigados, Todo con el propósito de observar el cumplimiento de las fases en las metodologías (ECBI) y (ABP) garantizando objetividad en los datos obtenidos y por ende resultados confiables.

7.5 Instrumentos

Los instrumentos utilizados para la realización de esta investigación, es un test modificado, que fue validado y tomado de una investigación de Silveira & Moreira (1996), sobre calor y temperatura, utilizado con el fin de recolectar las ideas previas de los estudiantes (pretest); al finalizar el proceso, es utilizado como posttest. Además, se hacen unas observaciones directa e indirectamente, a través de videos, donde apreciamos las mediaciones realizadas por los docentes, los cuales, también nos facilitaron las guías de laboratorio y los talleres empleados en las diferentes clases. Todo ello, contribuye a garantizar el cumplimiento de las diferentes fases o etapas que presenta cada una de las metodologías, para luego realizar el análisis de los resultados y verificar la existencia del cambio conceptual en los estudiantes teniendo en cuenta a Tiberghien (1994), quien considera que el aprendizaje se genera por la modelización.

7.6 Procedimientos

El proceso inicia con la aplicación del pretest, relacionando preguntas sobre calor y temperatura, con el fin de determinar ideas previas; luego se da la experimentación, en la cual se hace el desarrollo de los temas en aula con las aplicación de las metodologías específicas para cada grupo de estudiantes (experimental y control), que incluyen aplicación de las diferentes guías de laboratorio, de talleres sobre los conceptos de concepto de calor y temperatura, aplicados a otros contextos. Tanto en el grupo experimental, que emplea la ECBI como en el grupo control, que emplea ABP, se aplicaron talleres de pretest y posttest y la grabación de videos de las clases, con lo que se determinó en cada caso, el cambio conceptual dado en cada una de las metodologías, para luego compararlos con los resultados iniciales y analizarlos, con el fin de ver la eficacia de las diferentes metodologías.

8. RESULTADOS

Al realizar esta investigación sobre el efecto de la metodología de la enseñanza de las ciencias basada en indagación (ECBI) en el colegio N°1 y la metodología del aprendizaje basado en problemas (ABP) en el colegio N°2, relacionadas al aprendizaje de los conceptos de calor y temperatura, se obtuvieron resultados en el pretest y posttest, en estudiantes de décimo grado, en los cuales se tiene en cuenta un referente histórico de los conceptos calor y temperatura y las respuestas dadas por los estudiantes, a partir de la aplicación de un test previamente validado (Silveira & Moreira, 1996).

La tabla N° 4 muestra las frecuencias absolutas de las respuestas del test para cada pregunta ubicada según su contenido pertenezca a la categoría calor o temperatura. Las columnas 10 y 12 muestran el porcentaje de aciertos a cada pregunta, en el pretest y en el posttest (Ver tabla N° 4).

En el análisis de esos resultados, encontramos que existe una relación entre dichos conceptos, la cual es explicada por Tiberghien (1994), esto permite establecer, tres subcategorías para cada una de las categorías. Para la categoría calor, son las subcategorías confusión, calórico y energía, y para la categoría temperatura, son las subcategorías confusión, calórico y ley cero de la termodinámica. Este referente nos permite construir las siguientes tablas y hacer el análisis de cada una de ellas, en sus respectivas subcategorías.

[illegible]

8.1 Análisis de los resultados Calor y Temperatura Pretest

Iniciamos el análisis de los resultados con las tablas de frecuencia de dos categorías en el pretest, las cuales son Calor y Temperatura, para ambas instituciones, asociadas al cambio conceptual planteado por Tiberghien (1994), que establece desde la teoría de cambio conceptual, la existencia de una relación entre las concepciones de los estudiantes y el momento histórico de los conceptos de calor y temperatura. Por lo tanto surgen tres subcategorías, que son para calor: confusión, calórico y energía y para temperatura son: confusión, calórico y ley cero, bajo estos parámetros se analizaran las ideas previas y el posttest.

8.1.1 Análisis Concepto Calor Colegio N°1- Pretest

De la aplicación del pretest se evidencia las ideas previas de los estudiantes y su relación con el momento histórico representado en cada subcategoría respecto al concepto de calor, donde el 43.43% presenta confusión en el concepto, prima el sentido común en sus respuestas; por otra parte para el 29.37%, su concepción se ubica en el calórico, modelo sustancialista del calor y un 27.20%, se ubica en la concepción de energía, modelo dinámico, donde observamos que el 72.70 % de los estudiantes dista de la concepción científica aceptada. (Ver tabla N° 5).

Tabla 5: Categoría Calor Colegio N° 1 – Pretest.

| CATEGORIA CALOR - COLEGIO N°1 PRETEST | | | |
|---------------------------------------|---|-------------------|------------------------------|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ECBI |
| | A (23.68%) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor. | Calórico | Focalización |
| | B (0 %) | Calórico | El 23.68% de los estudiantes |

| | | | |
|--|---|---|--|
| 1. Asociamos la existencia de calor a: | Solo a aquellos cuerpos que están «calientes». | | Se ubican en la etapa de calórico. El 52.64% no tienen claridad conceptual y el 23.68 % se ubican en la etapa de energía. |
| | C (23,68%) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía. | Energía | |
| | D (7,89%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (31,57%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (5,26%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (7,89%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 2. ¿Para qué se pueda hablar de calor?: | A (15,78%) Es suficiente un único sistema (cuerpo). | Calórico | Focalización El 28.93% se ubican en la etapa de calórico. El 36.87% no tiene claridad conceptual .el 34.2 se ubican en la etapa de energía. |
| | B (34,2%) Son necesarios, por lo menos, dos sistemas. | Energía | |
| | C (13,15%) Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar «caliente». | Calórico | |
| | D (15,78%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (13,15%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (2,63%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (5,26%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | | | |
| 3. ¿Para qué se pueda admitir la presencia de calor debe haber?: | A(36.84 %) una diferencia de temperaturas | Energía | Focalización El 2.6% se ubican en la etapa de calórico .el 60.56 no tiene claridad conceptual. El36.84 se ubica en la etapa de energía. |
| | B(0 %) una diferencia de masas | Calórico | |
| | C(2.6 %) una diferencia de energías | Calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (39.47 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (2.6 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (18.42%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | | | |
| 4. Calor es: | A(5.26 %) energía cinética de las moléculas | Calórico | Focalización El 28.94% se ubica en la etapa de calórico el 57.91% no tiene claridad conceptual. El13.15% se ubica |
| | B(13.15%) energía transmitida solo por medio de una diferencia de temperaturas | Energía | |
| | C(23.68 %)) la energía contenida en un cuerpo | Calórico | |
| | D (7.89 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | E (13.15 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | en la etapa de energía. |
| | F (31.57 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (10.52%)A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 10. En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (aproximadamente 250 cm ³) a temperatura ambiente son colocados un cubito de hielo a (0 °C) y tres cubitos de hielo a 0°C respectivamente (cada cubito con aproximadamente 1 cm ³). ¿En cuál situación el agua se enfría más? | A (36.84 %) En el vaso donde son colocados tres cubitos de hielo | Energía | Focalización El 18.42 % se ubica en la etapa de calórico 44.74% no tiene claridad conceptual. El 36.84% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (18.42 %)En el vaso donde es colocado un cubito de hielo | Principio equivocado | |
| | C (18.42 %) Se enfría igualmente en los dos vasos. | Calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (5.26 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (18.42 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (2.63%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 14. Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a -20°C. Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es: | A (15.78 %) mayor que la temperatura de los objetos de metal. | Calórico | Focalización El 73.67% se ubica en la etapa de calórico el 7.91% no tiene claridad conceptual. El 18.42% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (57.89 %) menor que la temperatura de los objetos de metal. | Calórico | |
| | C (18.42 %) igual a la temperatura de los objetos de metal. | Energía | |
| | D (5.26 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (2.63 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (18.42 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.1.2 Análisis Calor Colegio N°2- Pretest

De la aplicación del pretest, se evidencian las ideas previas de los estudiantes y su relación con el momento histórico representado en cada subcategoría con respecto al concepto de calor, donde el 36.15% presenta confusión con el concepto, prima el sentido común en sus respuestas; por otra parte el 30,51% su concepción se ubica en el calórico, modelo sustancialista

del calor y un 33,34% se ubica en la concepción de energía, modelo dinámico donde observamos que el 67% de los estudiantes dista de la concepción científica real (Ver tabla N° 6).

Tabla 6: Categoría Calor Colegio N° 2 - Pretest

| CATEGORIA CALOR - COLEGIO N°2 PRETEST | | | |
|---|---|---|---|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPAABP |
| 1. Asociamos la existencia de calor a: | A (44.82%) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor. | Calórico | Pregunta inicial El 48.26% se ubica en la etapa de calórico el 37.95% no tiene claridad conceptual. El 13.79% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (3.44%) Solo a aquellos cuerpos que están «calientes». | Calórico | |
| | C (13.79%) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía. | Energía | |
| | D (0%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (27.58%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (10.34%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 2. ¿Para qué se pueda hablar de calor?: | A (10.34%) Es suficiente un único sistema (cuerpo). | Calórico | Pregunta inicial El 20.68% se ubica en la etapa de calórico el 62.08% no tiene claridad conceptual. El 17.24% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (17.24%) Son necesarios, por lo menos, dos sistemas. | Energía | |
| | C (10.34%) Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar «caliente». | Calórico | |
| | D (17.24%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (13.79%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (6.89%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | A(37.93 %) una diferencia de temperaturas | Energía | Pregunta inicial |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 3. ¿Para qué se pueda admitir la presencia de calor debe haber?: | B(6.89 %) una diferencia de masas | Calórico | El 13.78% se ubica en la etapa de calórico el 48.29% no tiene claridad conceptual. El 37.93% se ubica en la etapa de energía. |
| | C(6.89 %) una diferencia de energías | Calórico | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (27.58 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (17.24%)A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 4. Calor es: | A(3.44 %) energía cinética de las moléculas | Calórico | Pregunta inicial El 31.42% se ubica en la etapa de calórico el 47.9% no tiene claridad conceptual. El 20.68% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(20.68 %) energía transmitida solo por medio de una diferencia de temperatura | Energía | |
| | C(27.58 %) la energía contenida en un cuerpo | Calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (6.89 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (13.79 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (27.58%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 10. En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (aproximadamente 250 cm ³) a temperatura ambiente Son colocados un cubito de hielo a (0°C) y tres cubitos de hielo a 0°C respectivamente (cada cubito con aproximadamente 1 cm ³). ¿En cuál situación el agua se enfría más? | A (75.86 %) En el vaso donde son colocados tres cubitos de hielo | Energía | Pregunta inicial El 3.44 % se ubica el calórico 20.7% no tiene claridad conceptual. El 75.87% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (13.79 %) En el vaso donde es colocado un cubito de hielo | Principio equivocado | |
| | C (3.44 %) Se enfría igualmente en los dos vasos. | Calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | | | |
| | A(31.03 %) mayor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| 14. Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a -20°C. Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es: | B(34.48 %) menor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | Pregunta inicial El 65.51% se ubica en la etapa de calórico el 0% no tiene claridad conceptual. El 34.48% se ubica en la etapa de energía. |
| | C (34.48 %) igual a la temperatura de los objetos de metal. | Energía | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0 %) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.1.3 Análisis Temperatura Colegio N° 1- Pretest

En el análisis de las ideas previas de la concepción de temperatura y su relación con el momento histórico representado en las subcategorías, encontramos que el 45.61% de los estudiantes presenta confusión, el 20.39% lo define como cantidad de calor dentro de la concepción del calórico y un 34.01% identifica la temperatura como intensidad de calor que conduce al equilibrio térmico, ley cero de la termodinámica. (Ver tabla N° 7).

Tabla 7: Categoría Temperatura Colegio N° 1 – Pretest.

| CATEGORIA TEMPERATURA - COLEGIO N°1 PRETEST | | | |
|---|---|---|--|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ECBI |
| 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días: | A (23.68 %) la temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera. | Calórico | Focalización El 23.68% se ubica en la etapa de calórico. El 42.09% no tiene claridad conceptual. El 34.21% se ubica |
| | B (34.21%) la temperatura de los objetos de metal, de las mantas y de los demás objetos es la misma | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (21.05 %) ningún objeto presenta temperatura. | Principio erróneo | |
| | D (7.89 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | en la ley cero de la termodinámica |
| | F (13.15 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 8. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más «caliente» que B. Ambos están más «calientes» que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será: | A(21.05%) igual a la temperatura ambiente | Ley cero de la termodinámica | Focalización El 7.89% se ubica en la etapa de calórico. 71.06% no tiene claridad conceptual. El 21.05% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B(7.89 %) igual a la temperatura inicial de B | Calórico | |
| | C (21.05 %) un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B. | Concepto errado | |
| | D (2.63%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (5.26 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 9. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será: | A(21.05 %)el doble de la de B | calórico | Focalización El 21.05% se ubica en la etapa de calórico. . El 34.22% no tiene claridad conceptual. El 44.73% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B(31.57 %)la mitad de la de B | Concepto errado | |
| | C(44.73%)igual a la de B | Ley cero de la termodinámica. | |
| | D (2.63 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 12. Considere dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en un congelador. Básicamente, ¿qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y de la heladera respectivamente?: | A (5.26 %) La cantidad de calor contenida en cada una de ellas. | Calórico | Focalización El 13.15% se ubica en la etapa de calórico. El 55.28%no tiene claridad conceptual. El 31.57% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (31.57 %) La temperatura de cada una de ellas. | Ley cero de la termodinámica. | |
| | C (7.89 %) Una de ellas contiene calor y la otra no. | Calórico | |
| | D (18.42 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (2.63 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (18.42 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (15.78%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | A(5.26 %) ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura | Calórico | |

| | | | |
|---|---|--|--|
| 13. Dos esferas son dejadas durante mucho tiempo en un congelador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto: | B (23.68 %) fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa | calórico | Focalización El 28.94% se ubica en la etapa de calórico. El 34.22% no tiene claridad conceptual. El 36.84% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | C(36.84 %) ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra | Ley cero de la termodinámica | |
| | D (2.63 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (33.33 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (2.63 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 7. Observa el esquema y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor?: $T_1 \text{ Mayor } T_2$ $T_1 T_1 \text{ C } T_2 T_2$ | A (23.68 %) $T_1 \text{ IGUAL } T_2$ | Calórico | Focalización El 23.68% se ubica en la etapa calórico 36.85 no tiene claridad conceptual. El 39.47% se ubica en la primera ley cero de la termodinámica. |
| | B (39.47 %) $T_1 \text{ MAYOR } T_2$ | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (28.94 %) $T_1 \text{ MENOR } T_2$ | Principio erróneo | |
| | D (5.26 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (2.63 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica. | |

8.1.4 Análisis Temperatura Colegio N°2

En el análisis de las ideas previas de la concepción de temperatura y su relación con el momento histórico representado en las subcategorías, encontramos que el 42.53% de los estudiantes presenta confusión, el 33.91% lo define como cantidad de calor dentro de la concepción del calórico y un 23.56% identifica la temperatura como intensidad de calor que conduce al equilibrio térmico, ley cero de la termodinámica (Ver tabla N° 8).

Tabla 8: Categoría Temperatura Colegio N° 2 – Pretest.

| CATEGORIA TEMPERATURA - COLEGIO N°2 PRETEST | | | |
|---|---|-------------------|------------------|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ABP |
| | A(37.98 %) la temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera | Calórico | Pregunta inicial |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días: | B(24.13 %) la temperatura de los objetos de metal, de las mantas y de los demás objetos es la misma | Ley cero de la termodinámica | El 37.98% se ubica en la etapa de calórico. El 37.89% no tiene claridad conceptual. El 24.13% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | C (31.03 %) ningún objeto presenta temperatura. | Principio erróneo | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 8. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más «caliente» que B. Ambos están más «calientes» que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será: | A (27.58 %) igual a la temperatura ambiente | Ley cero de la termodinámica | Pregunta inicial El 6.89% se ubica en la etapa de calórico. El 65.53% no tiene claridad conceptual. el 27.58% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (6.89 %) igual a la temperatura inicial de B | Calórico | |
| | C(48.27 %) un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B. | Concepto erróneo | |
| | D (3.44%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (1.34 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (3.44%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 9. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será: | A(44.83 %) el doble de la de B | Calórico | Pregunta inicial El 44.83% se ubica en la etapa de calórico. El 37.93% no tiene claridad conceptual. el 17.24% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B(31.03%) la mitad de la de B | Concepto erróneo | |
| | C (17.24%) igual a la de B. | Ley cero de la termodinámica | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 12. Considere dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en un congelador. Básicamente, ¿Qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y de la heladera respectivamente?: | A (3.44 %) La cantidad de calor contenida en cada una de ellas. | Calórico | Pregunta inicial El 27.57% se ubica en la etapa de calórico. El 41.4% no tiene claridad conceptual. El 31.3% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B(31.03 %) La temperatura de cada una de ellas | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (24.13 %) Una de ellas contiene calor y la otra no | Calórico | |
| | D (10.34 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (17.24%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|---|--|--|---|
| | G (10.34%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 13. Dos esferas son dejadas durante mucho tiempo en un congelador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto: | A(34.48%) ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura B(13.78%) fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa | Calórico Calórico | Pregunta inicial El 48.26% se ubica en la etapa de calórico. El 41.4%no tiene claridad conceptual. El 10.34% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | C(10.34 %) ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra. | Ley cero de la termodinámica | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (34.48 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | | | |
| 7. Observa el esquema y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor?: T_1 Mayor T_2 T_1] T_1 C T_2 [T_2 | A (37.93%) T_1 IGUAL T_2 | Calórico | Pregunta inicial El 37.93se ubica en calórico el 31.04no tiene claridad conceptual. El 31.03% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B (31.03 %) T_1 MAYOR T_2 | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (10.34 %) T_1 MENOR T_2 | Principio erróneo | |
| | D (3.44%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (6.88 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (6.88%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.2 Análisis de los resultados Concepto Calor y Temperatura Postest

Asumimos dos categorías en el análisis del postest, en las categorías Calor y la categoría Temperatura, para ambas instituciones, asociadas al cambio conceptual planteado por Tiberghien (1994).

8.2.1 Análisis Concepto Calor Colegio N° 1- Postest

En el análisis del postest después de aplicar la metodología (ECBI), encontramos las siguientes situaciones: Entre la categoría calor y sus tres subcategorías originadas por el

momento histórico, donde la confusión está en 8.77%, la concepción de definir el calor como un fluido material que contienen los cuerpos (calórico) 21.81% y la concepción científica de definir el calor como una forma de energía, es de 69.42% (Ver tabla N° 9).

Tabla 9: Análisis Calor Colegio N° 1 – Postest.

| CATEGORIA CALOR - COLEGIO N°1 POSTEST | | | |
|--|---|---|--|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPAECBI |
| 1. Asociamos la existencia de calor: | A (23.68%) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor. | Calórico | CONTRASTE El 2.63% de los estudiantes Se ubican en la etapa de calórico. El 7.89% no tienen claridad conceptual y el 89.48% se ubican en la etapa de energía. |
| | B (0 %) Solo a aquellos cuerpos que están «calientes». | Calórico | |
| | C (23,68%) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía. | Energía | |
| | D (7,89%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (31,57%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (5,26%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (7,89%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 2. ¿Para qué se pueda hablar de calor?: | A (2.63%) Es suficiente un único sistema (cuerpo). | Calórico | CONTRASTE El 0% se ubican en la etapa de calórico. El 2.63% no tiene claridad conceptual .el 97.37% se ubican en la etapa de energía. |
| | B (0%) Son necesarios, por lo menos, dos sistemas. | Energía | |
| | C (89.47%) Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar «caliente». | Calórico | |
| | D (0%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (5.26%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (2,63%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 3. ¿Para qué se pueda admitir la presencia de calor debe haber?: | A(76.31 %) una diferencia de temperaturas | Energía | CONTRASTE El 5.26% se ubican en la etapa de calórico .el 18.42% no tiene claridad conceptual. El76.32% se ubica |
| | B(0 %) una diferencia de masas | Calórico | |
| | C(5.26 %) una diferencia de energías | Calórico | |
| | D (7.89 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | en la etapa de energía. |
| | F (2.6 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 4. Calor es: | A (5.26 %) energía cinética de las moléculas | Calórico | CONTRASTE El 15.78% se ubica en la etapa de calórico el 5.26% no tiene claridad conceptual. El 78.96% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(68.42%)energía transmitida solo por medio de una diferencia de temperaturas | Energía | |
| | C(10.52 %)) la energía contenida en un cuerpo | Calórico | |
| | D (5.26 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 10. En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (aproximadamente 250 cm ³) a temperatura ambiente Son colocados un cubito de hielo a (0°C) y tres cubitos de hielo a 0° respectivamente (cada cubito con aproximadamente 1 cm ³). ¿En cuál situación el agua se enfría más?: | A (36.84 %) En el vaso donde son colocados tres cubitos de hielo | Energía | CONTRASTE El 44.73% se ubica en la etapa de calórico. 18.42% no tiene claridad conceptual. El 36.85% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(18.42 %)En el vaso donde es colocado un cubito de hielo | Principio equivocado | |
| | C (44.73 %) Se enfría igualmente en los dos vasos. | calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 14. Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a -20°C. ¿Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es?: | A (13.15 %) mayor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | CONTRASTE El 62.51% se ubica en la etapa de calórico el 0% no tiene claridad conceptual. El 37.49% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(39.47 %) menor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | |
| | C (39.47 %) igual a la temperatura de los objetos de metal. | Energía | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.2.2 Análisis Concepto Calor Colegio N° 2- Posttest

En el análisis del posttest después de aplicar la metodología (ABP), encontramos las siguientes situaciones: Entre la categoría calor y las tres subcategorías originadas por el momento histórico, la confusión está en 28.72%, la concepción de definir el calor como un fluido material que contienen los cuerpos (calórico) 37.92% y la concepción científica de definir el calor como una forma de energía es de 33.36%, aquí se puede destacar que no hubo cambio conceptual (Ver tabla N° 10).

Tabla 10: Análisis Calor Colegio N° 2 - Posttest.

| CATEGORIA CALOR - COLEGIO N°2 POSTEST | | | |
|---|---|---|---|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ABP |
| 1. Asociamos la existencia de calor: | A (31.03%) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor. | Calórico | Pregunta final El 34.47% se ubica en la etapa de calórico el 51.7% no tiene claridad conceptual. El 13.79% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (3.44%) Solo a aquellos cuerpos que están «calientes». | Calórico | |
| | C (13.79%) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía. | Energía | |
| | D (6.89%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (27.58%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (13.79%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (3.44%) A, B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 2. ¿Para qué se pueda hablar de calor?: | A (37.93%) Es suficiente un único sistema (cuerpo). | Calórico | Pregunta final El 48.27% se ubica en la etapa de calórico el 27.56% no tiene claridad conceptual. El 24.13% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (24.13%) Son necesarios, por lo menos, dos sistemas. | Energía | |
| | C (10.34%) Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar «caliente». | Calórico | |
| | D (17.24%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|--|---|--|---|
| | E (3.44%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 3. ¿Para qué se pueda admitir la presencia de calor debe haber?: | A (37.93 %) una diferencia de temperaturas | energía | Pregunta final El 13.79% se ubica en la etapa de calórico el 48.29% no tiene claridad conceptual. El 37.93% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(0 %) una diferencia de masas | Calórico | |
| | C(13.79 %) una diferencia de energías | Calórico | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (41.37 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%)A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 4. Calor es: | A(6.88%) energía cinética de las moléculas | calórico | Pregunta final El 51.7% se ubica en la etapa de calórico el 24.12% no tiene claridad conceptual. El 24.13% se ubica en la etapa de energía. |
| | B(24.13%)energía transmitida solo por medio de una diferencia de temperaturas | Energía | |
| | C(44.82 %) la energía contenida en un cuerpo | Calórico | |
| | D (3.44 %)A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (17.24%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 10 En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (aproximadamente 250 cm ³) a temperatura ambiente Son colocados un cubito de hielo a (0°C) y tres cubitos de hielo a 0°Crespectivamente (cada cubito con aproximadamente 1 cm ³). ¿En cuál situación el agua se enfría más?: | A (62.06 %) En el vaso donde son colocados tres cubitos de hielo | Energía | Pregunta final El 20.68 % se ubica en calórico. 17.22% no tiene claridad conceptual. El 62.06% se ubica en la etapa de energía. |
| | B (6.88%) En el vaso donde es colocado un cubito de hielo | Principio equivocado | |
| | C (20.68 %) Se enfría igualmente en los dos vasos. | calórico | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (10.34 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%)A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | A (20.68 %) mayor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | |

| | | | |
|---|--|---|---|
| 14 Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a -20°C. Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es: | B (37.93 %) menor que la temperatura de los objetos de metal | Calórico | Pregunta final El 58.61% se ubica en la etapa de calórico el 3.44% no tiene claridad conceptual. El 37.93% se ubica en la etapa de energía. |
| | C (37.93 %) igual a la temperatura de los objetos de metal. | Energía | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (3.44%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.2.3 Análisis Temperatura Colegio N° 1 Postest

En el análisis del postest en el concepto de temperatura después de la aplicación de la metodología (ECBI) se encuentra lo siguiente: En relación con sus tres subcategorías de origen histórico que el 15.07 % está en la subcategoría de confusión, el 12.71% definen la temperatura como cantidad de calor contenida en un cuerpo (calórico) y el 72.22% lo definen como la intensidad de calor dada por el equilibrio térmico, ley cero de la termodinámica (Ver tabla N° 11).

Tabla 11: Análisis Temperatura Colegio N° 1 – Postest.

| CATEGORIA TEMPERATURA - COLEGIO N°1 POSTEST | | | |
|---|---|---|---|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ECBI |
| 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días: | A (10.52 %) la temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera. | Calórico | CONTRASTE El 10.52% se ubica en la etapa de calórico. El 0% no tiene claridad conceptual. El 89.48% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B(89.48%) la temperatura de los objetos de metal, de las mantas y de los demás objetos es la misma | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (0 %)) ningún objeto presenta temperatura. | Principio erróneo | |
| | D (0%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|--|---|---|--|
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 8. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más «caliente» que B. Ambos están más «calientes» que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será: | A(68.42 %) igual a la temperatura ambiente | Ley cero de la termodinámica | CONTRASTE El 5.26% se ubica en la etapa de calórico. El 27.30% no tiene claridad conceptual. El 68.42% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B(5.26%) igual a la temperatura inicial de B | Calórico | |
| | C (13.15 %) un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B. | Error conceptual | |
| | D (7.89 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (5.26 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 9. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B (m _A = 2m _B). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será: | A (7.89 %) el doble de la de B | Calórico | CONTRASTE El 7.89% se ubica en la etapa de calórico. El 7.89% no tiene claridad conceptual. El 84.22% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (7.89 %) la mitad de la de B | Error conceptual | |
| | C (84.22 %) igual a la de B | Ley cero de la termodinámica. | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 12. Considere dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en un congelador. Básicamente, ¿Qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y de la heladera respectivamente? | A (0 %) La cantidad de calor contenida en cada una de ellas. | Calórico | CONTRASTE El 5.26% se ubica en la etapa de calórico. El 13.15% no tiene claridad conceptual. El 81.57% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (81.57 %) La temperatura de cada una de ellas. | Ley cero de la termodinámica. | |
| | C (5.26 %) Una de ellas contiene calor y la otra no. | Calórico | |
| | D (5.26 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (5.26 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (2.63%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 13. Dos esferas son dejadas durante mucho tiempo en un | A (18.42 %) ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura | calórico | CONTRASTE El 31.57% se ubica en la etapa de calórico. El 7.89% no |
| | B (13.15%) fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa | Calórico | |

| | | | |
|---|--|---|--|
| congelador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto: | C (60.52 %) ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra | Ley cero de la termodinámica | tiene claridad conceptual. El 60.52% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (7.89 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 7 Observa el esquema y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor? $T_1 \text{ Mayor } T_2$ $T_1 \text{] } T_1 \text{ C } T_2 \text{ [} T_2$ | A (39.47 %) $T_1 \text{ IGUAL } T_2$ | Calórico | CONTRASTE El 39.47se ubica en la etapa de calórico el 10.53 no tiene claridad conceptual. El 50% se ubica en la ley cero de la termodinámica. |
| | B (50 %) $T_1 \text{ MAYOR } T_2$ | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (10.53 %) $T_1 \text{ MENOR } T_2$ | Principio erróneo | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%)A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.2.4 Análisis Temperatura Colegio N° 2 Posttest

En el análisis del posttest en el concepto de temperatura después de la aplicación de la metodología (ABP) se encuentra la siguiente relación con sus tres subcategorías de origen histórico, que el 32.75 % está en la subcategoría de confusión, el 21.79% definen la temperatura como cantidad de calor contenida en un cuerpo (calórico) y el 45.46% lo definen como la intensidad de calor dada por el equilibrio térmico, ley cero de la termodinámica (Ver tabla N° 12).

Tabla 12: Análisis Temperatura Colegio N° 2 – Posttest.

| CATEGORIA TEMPERATURA - COLEGIO N°2 POSTEST | | | |
|---|---|------------------------------|----------------|
| PREGUNTA | RESPUESTA | MOMENTO HISTÓRICO | ETAPA ABP |
| | A(24.13 %) la temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera | Calórico | Pregunta final |
| | B (44.82%) la temperatura de los objetos de metal, de las mantas | Ley cero de la termodinámica | |

| | | | |
|---|---|---|--|
| 5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días: | y de los demás objetos es la misma | | El 24.13% se ubica en la etapa de calórico. El 31.02% no tiene claridad conceptual. El 44.82% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | C (13.79 %) ningún objeto presenta temperatura. | Principio erróneo | |
| | D (13.79 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (0 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 8. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más «caliente» que B. Ambos están más «calientes» que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será: | A (65.56%) igual a la temperatura ambiente | Ley cero de la termodinámica | Pregunta final El 3.44% se ubica en la etapa de calórico. El 31% no tiene claridad conceptual. el 65.56% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (3.44%) igual a la temperatura inicial de B | Calórico | |
| | C (20.68%) un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B. | Error conceptual | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44 %) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (6.88 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 9. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será: | A (20.68 %) el doble de la de B | Calórico | Pregunta final El 20.68% se ubica en la etapa de calórico... El 41.39% no tiene claridad conceptual. el 37.93% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (31.03 %) la mitad de la de B | Error conceptual | |
| | C (37.93 %) igual a la de B. | Ley cero de la termodinámica | |
| | D (0 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (3.44%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 12. Considere dos esferas idénticas, una en un horno caliente y la otra en un congelador. Básicamente, ¿qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y de la heladera respectivamente: | G (3.44%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | Pregunta final El 17.2% se ubica en la etapa de calórico. El 41.4% no tiene claridad conceptual. El 41.37% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | A (3.44%) La cantidad de calor contenida en cada una de ellas. | Calórico | |
| | B (41.37%) La temperatura de cada una de ellas | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (13.76 %) Una de ellas contiene calor y la otra no | Calórico | |
| | D (17.2 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (10.32%) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (13.76%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

| | | | |
|--|--|---|--|
| 13 Dos esferas son dejadas durante mucho tiempo en un congelador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto: | A(17.2%) ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura | Calórico | Pregunta final El 41.21% se ubica en la etapa de calórico. El 30.96% no tiene claridad conceptual. El 27.52% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B(24.01%) fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa | Calórico | |
| | C (27.52%) ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra. | Ley cero de la termodinámica | |
| | D (6.88%) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (20.64%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| 7. Observa el esquema y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor? T_1 Mayor T_2 T_1] T_1 C T_2 [T_2 | A (24.08%) T_1 IGUAL T_2 | Calórico | Pregunta final El 24.08% se ubica en la etapa del calórico. El 20.75% no tiene claridad conceptual. El 55.17% se ubica en la ley cero de la termodinámica |
| | B (55.17%) T_1 MAYOR T_2 | Ley cero de la termodinámica | |
| | C (10.32%) T_1 MENOR T_2 | Error conceptual | |
| | D (3.44 %) A y B son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | E (0%) A y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | F (3.44 %) B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |
| | G (0%) A,B y C son correctas | No hay claridad conceptual ni ubicación histórica | |

8.3 Análisis comparativo pretest, postest colegio N° 1 y N° 2

Al determinar las frecuencias de las respuestas dadas por los estudiantes en el test de calor y temperatura en el momento del pretest, la categoría calor inicia con un 72.8% comprendido por las subcategorías, confusión y calórico, luego en el postest las dos categorías sumadas muestran una disminución a 30.58 %, por lo tanto en la categoría energía que inicio con un 27.20% en el postest aumenta a 69.42%. Esto evidencia un gran avance en el cambio y comprensión conceptual que alcanza la subcategoría referida a entender el concepto calor como energía.

La categoría calor en el colegio N° 2 inicia con un 66.66% comprendido por las subcategorías confusión y calórico, luego el postest muestra resultados globales equivalentes al 66.66 %, por lo tanto en la categoría energía que inicio con un 33.34%, en el postest se mantiene el porcentaje de 33.34 %. Se destaca que no hubo cambio conceptual, para esta categoría en el grupo control.

La categoría temperatura en el colegio N° 1 inicia en el pretest con un 66%, comprendido entre las subcategorías confusión y calórico, luego el postest muestra una disminución al 27.78 %, por lo tanto en la categoría ley cero que inicio con un 34.01%, en el postest pasa a 72.22%, mostrando aumento en el porcentaje de estudiantes que logra un cambio conceptual. Sin embargo queda un 27, 78% de estudiantes que posiblemente mantiene sus nociones iniciales y esta situación se constituye en un reto para el docente en relación a desarrollar más actividades que propicien el cambio conceptual.

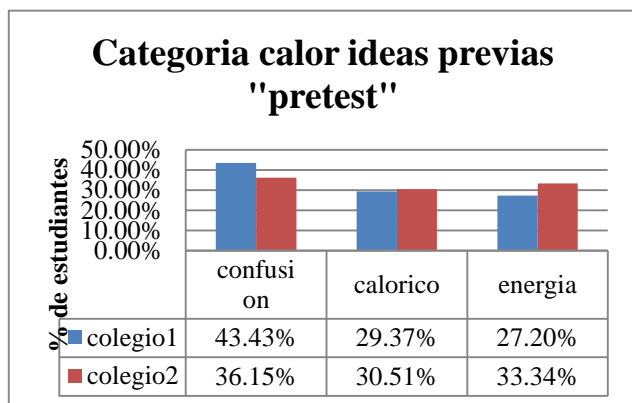
La categoría temperatura en el colegio N° 2, inicia con un 76.44% comprendido entre confusión conceptual y el calórico, luego en el postest muestra una disminución al 54.54 %, por lo tanto en la categoría energía que inicio con un 23.56%, en el postest aumenta a 45.46%. Hubo cambio conceptual en algunos estudiantes pero un alto % no lo logran aún y persisten sus ideas iniciales.

8.4 Análisis Ideas Previas Concepto Calor – Pretest

Al comparar las ideas previas de calor de los estudiantes del colegio N° 1y N° 2 respectivamente se evidencia una semejanza entre sus concepciones, ya que en ambos colegios

parten de que sólo el 30% en promedio de la población se identifica con la concepción de que el calor es una forma de energía (Ver figura N° 3).

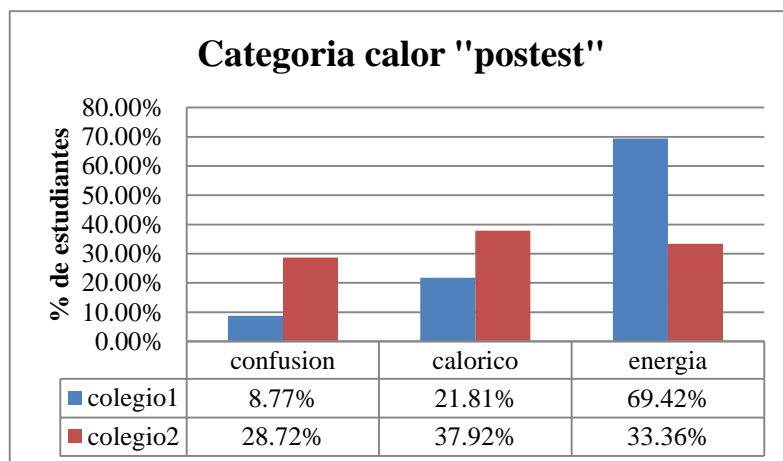
Figura 3: Análisis Concepto Calor – Pretest



8.5 Análisis Concepto Calor - Postest

Al comparar en el postest las concepciones de los estudiantes del colegio N°1 y N°2 se muestra heterogeneidad en los resultados el colegio N°1, muestra que el 69.42% están en la categoría de identificar al calor como una forma de energía, entre tanto en el colegio N°2, solo un 33.36%, por lo tanto no hubo cambio conceptual de sus ideas previas. (Ver figura N° 4).

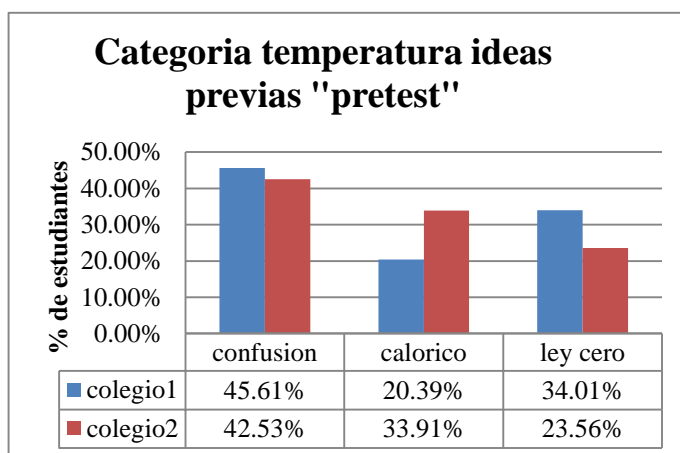
Figura 4: Concepto Calor – Postest



8.6 Análisis de ideas previas temperatura pretest colegios N° 1 y N° 2

Al comparar las ideas previas de temperatura de los estudiantes del colegio N°1 y N°2 respectivamente, se evidencia semejanza entre sus concepciones ya que en ambos colegios parten en promedio de que solo el 30% de la población se identifica con la concepción de que la temperatura es intensidad calórica, la cual se alcanza cuando un sistema está en equilibrio térmico (Ver figura 5).

Figura 5: Temperatura ideas previas – Pretest.

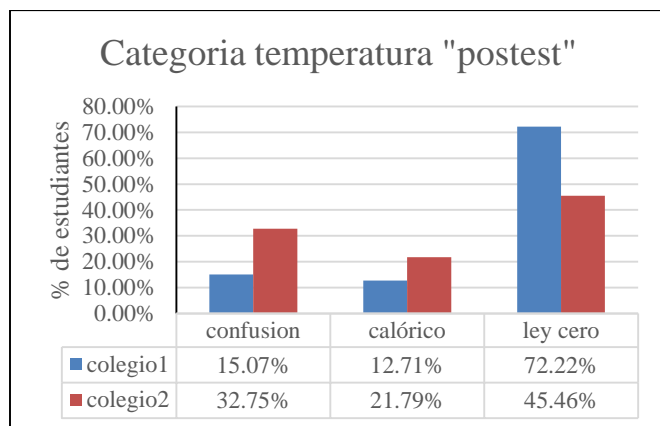


8.7 Análisis de postest temperatura colegio N° 1 y N° 2

Al comparar el cambio conceptual en las concepciones de temperatura en los estudiantes del colegio N°1 y N° 2 respectivamente, se puede evidenciar la heterogeneidad entre sus concepciones, porque en el colegio N°1 muestra que un 72.22% de la población se identifica con la concepción de que la temperatura es una medida de la intensidad calórica, la cual se alcanza cuando un sistema está en equilibrio térmico y en el colegio N° 2, en donde se utilizó la ABP, el

45,42%; o sea, que en ambos casos se presentó cambio conceptual, sin embargo fue mayor la eficacia en el colegio N°1, en donde se utilizó la ECBI (Ver figura N° 6).

Figura 6: Concepto Temperatura en el Postest



Al terminar el análisis de los resultados obtenidos en el pretest y postest de acuerdo con las frecuencias para cada respuesta y su relación con el momento histórico de cómo la humanidad construyó los conceptos de calor y temperatura, se puede determinar la incidencia de la metodología utilizada por el docente que acompaña el proceso de aprendizaje de sus estudiantes, de lo que se puede decir que lo facilita de mejor manera o alcanza mayores o menores impactos positivos en la superación de las ideas previas.

Todo esto permite establecer una serie de conclusiones relevantes en el proceso investigativo adelantado, pero de alcance limitado dado que se trató de un estudio sólo en dos grupos de estudiantes.

9. CONCLUSIONES

El presente capítulo está enmarcado por los criterios establecidos por la maestría y el alcance de los objetivos planteados en esta investigación, con relación a la identificación de las ideas previas de los estudiantes de décimo grado de las dos instituciones que hicieron parte de esta, con referencia a los momentos históricos, en que la humanidad ha construido los conceptos de calor y temperatura, antes de la interacción en el aula con el maestro y la implementación de las metodologías en estudio, donde la metodología (ECBI) desarrolló sus fases focalización, explicación, contraste y aplicación, Lederman et al (1996) y la metodología (ABP), Barrows (1986), con sus fases problema, búsqueda de información, hipótesis, aplicación de hipótesis y teoría. Cabe recordar que la investigación se plantea la hipótesis que la implementación de la ECBI, facilita el aprendizaje de conceptos mirándolo desde el cambio conceptual presentado.

Se consideran claves las ideas previas ya que se está tratando con el aprendizaje de conceptos donde se requiere poner en marcha procesos cognitivos complejos que van más allá de memorizar y repetir, en realidad lo que se necesita es comprensión. Pozo (2009). En el marco de este referente se concluye:

- Las ideas previas de los estudiantes respecto al calor y la temperatura, los cuales no son expertos en ciencias, en primera instancia se representan en términos de la confusión conceptual, porque su referente es la cotidianidad y el sentido común.

- En segunda instancia las ideas previas en cuanto al calor y la temperatura de los estudiantes se suscriben a dos momentos históricos, dentro de la construcción de los conceptos como son el substancialista (calórico) y el dinámico (energía), de alguna manera se puede inferir que se apoyan en el paradigma positivista de las ciencias naturales.
- El componente histórico y epistemológico de los conceptos, es fundamental para que el docente identifique las ideas previas de los estudiantes y pueda desde un referente didáctico, orientarlo sistemáticamente a la comprensión del mismo.
- Es imprescindible la claridad del docente en la metodología a implementar, puesto que le permite realizar una mediación encaminada a alcanzar con mayor eficacia el cambio conceptual en los estudiantes.
- La mayor eficacia de la metodología (ECBI) en el cambio conceptual de los conceptos de calor y temperatura se explica, en que la experimentación realizada confronta las ideas previas siendo el estudiante consciente de ello, permitiendo en gran manera el nivel de modelización y reformular su nivel de teoría, desde una perspectiva científica, Tiberghien(1994).
- En cuanto a la menor eficacia en la metodología (ABP) en el cambio conceptual de los conceptos de calor y temperatura, podríamos establecer como posible causa la mediación del docente, puesto que inicia con el nivel de teorización del estudiante y

pasa a la modelización (explicaciones), sin tener en cuenta las ideas previas y luego realizar la experimentación sin generar choque cognitivo, por lo tanto el joven interpreta desde su sentido común y en este tipo de procesos sólo una pequeña minoría, haría el cambio conceptual en forma supuesta, Tiberghien (1994).

- A pesar de la mediación que realizan los docentes durante la aplicación de las dos metodologías ECBI y ABP, se evidencia tanto en el pretest como en el postest que una tercera parte de los estudiantes aproximadamente, persiste en la concepción errónea de calor, desde el punto de vista del desarrollo histórico del concepto, quedándose en la etapa de calórico, es decir, que los estudiantes entendieron el concepto de calor como algo que poseían los cuerpos. Mientras que los resultados muestran que el concepto de temperatura, pasa de ser considerado como una forma del calor a un estado de equilibrio térmico, por lo cual se determina que los estudiantes si presentaron cambio conceptual. Por lo tanto podemos inferir que la dificultad para entender el concepto de calor como energía persiste en este grupo de estudiantes a pesar de ambas metodologías.

En conclusión, los datos indican que los dos grupos inician, con sus concepciones de calor y temperatura en aproximadamente un 70% erróneos y sólo un 30% lo percibe en la forma correcta, según la ciencia actualmente y luego de implementar las metodologías ECBI y ABP, se demuestra que el grupo experimental, el colegio N°1, finaliza aproximadamente con un 70% de sus estudiantes con la claridad en los conceptos, en comparación con el grupo control, el colegio N° 2, que finaliza con un 40% de estudiantes, que presentaron cambio conceptual, demostrando

con ello, que en gran manera la ECBI, en esta institución facilitó con mayor eficacia el aprendizaje de conceptos. Sin embargo se evidencia que un 30% de los estudiantes que utilizaron la ECBI y un 60% de estudiantes que utilizaron ABP, no tuvieron cambio conceptual, permaneciendo intactas sus ideas previas o trasladadas a concepciones erróneas.

10. RECOMENDACIONES

A pesar de la importancia de los resultados obtenidos en la presente investigación estos deben entenderse como un intento que apunta a mejorar el aprendizaje de conceptos científicos en la línea de la didáctica de las ciencias. Por lo tanto, se plantean las siguientes recomendaciones:

1. Investigar la influencia de la metodología ECBI en la potencialización de habilidades del pensamiento científico.
2. Investigar la acción de la metodología ECBI, en relación al desarrollo de competencias científicas.
3. Ampliar la investigación de aprendizaje de otros conceptos de ciencias naturales en función de los textos escolares y la utilización de la metodología ECBI. Desde metodologías experimentales, con diferentes muestras, que fortalezcan los aportes dados aquí, los cuales se encaminan a mejorar el aprendizaje de las ciencias naturales a nivel regional, nacional e internacional.

11. BIBLIOGRAFÍA

Áloma, E y Malaver, M (2007). Análisis de los conceptos de energía, calor, trabajo y el teorema de Carnot en textos universitarios de termodinámica. *Enseñanza de las ciencias*. 25(3) 387-400.

Bello, S. (2004). Ideas previas y cambio conceptual. *Educación química*, 15(3), 210-217.

Benito, M. (2009). Debates en torno a la enseñanza de las ciencias. Perfiles educativos v.31 n.123.

Bermeo, H. P., & Donoso, J. M. (2013). La enseñanza en las ciencias en la educación media: logros y retos de su implementación en Ibagué-Colombia. *Panorama*, 6(11), 37-45.

Bermeo, H., Meisel, J. (2011). La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) en la educación media: logros y retos de su implementación en Ibagué – Colombia.

Camacho. H., Casilla, D., Finol, M. (2008) La indagación: una estrategia innovadora para el aprendizaje de procesos de investigación. Venezuela. Laurus. Volumen 4. Número 26.

Camelo, M. J, Rodríguez, S. J. (2008). Una revisión histórica para el concepto de calor alguna implicaciones para su aprendizaje. *Tecné episteme y didaxi*. 23 67-77.

CENTRO, E. (2012). Historia. *Educación de las Ciencias Basada en la Indagación*.
Recuperado, 17(08), 2013.de las Ciencias (Vol. 21, pp. 107-121).

Cervantes, L, De la torre, N, Verdello, A, Trejo, L. M, Cordova, J. L y Flores, F (2001).
 El concepto de calor en termodinámica y su enseñanza. Memorias del XVI congreso nacional de
 termodinámica. México .D.F.

Coronado, M, E (2012). Competencias científicas que propician docentes de ciencias
 naturales (tesis de maestría) Universidad del norte, Barranquilla, Colombia.

Coronado, Milfred. (2012). Competencias científicas que propician docentes de ciencias
 naturales (Tesis de maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

Devés Rosa, Reyes Pilar (2007). Principios y Estrategias del Programa de Educación en
 Ciencias basada en la Indagación (ECBI).

Driver, R., Guesne, E. y Tiberghien, A. (1999). Cuarta edición. Ideas científicas en la
 infancia y la adolescencia. Madrid, España. Moog, R. (2014). Process Oriented Guided Inquiry
 Learning. Openscholarship.wustl.edu

Dumrauf, A. G., & Cordero, S. (2004). ¿Qué cosa es el calor? Interacciones discursivas
 en una clase de Física. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 3(2), 123-147.

Efront, A. (1971). El mundo del calor. Santander, Buenos Aires. Editorial Bell.

Galagovsky, L. R., Rodríguez, M, Stamati, N y Morales, L. (2003). Representaciones mentales, lenguajes y códigos en la enseñanza de ciencias naturales. Un ejemplo para el aprendizaje del concepto de reacción química a partir del concepto de mezcla. Enseñanza de las ciencias. 21 (1)107-121.

Gallagher, S. A. (1997). Problem-based learning. *Journal for the Education of the Gifted*, 20(4), 332-62.

García, J. L, Rodríguez, C. (1985), Preconcepciones sobre el calor en 2ºB.U.P. Enseñanza de las ciencias.188-193

González, C. Martínez, M. Martínez, C. Cuevas, K. Muñoz, L. (2009). La educación científica como apoyo a la movilidad social: desafíos en torno al rol del profesor secundario en la implementación de la indagación científica como enfoque pedagógico. Estudios Pedagógicos XXXV, N° 1: 63-78.

González Corina, Cortés Mónica, et all (2012). La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM.

González, R. B. A., Badajoz, C. E. C., Saavedra, R. E. C., & Torres, M. R. N. (2014). INFLUENCIA DEL MÉTODO DE ENSEÑANZA EN EL RENDIMIENTO ACADÉMICO DE ESTUDIANTES DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA “MARISCAL CÁCERES” AYACUCHO. *Vol. 7, Núm. 1 (2014)*, 7(1), 1-6.

González-Weil, C, Cortés, M., Bravo, P, Ibaceta, Y., Cuevas, K., Quiñones, P, Maturana, J., & Abarcaa, A. (2012). La indagación científica como enfoque pedagógico: estudio sobre las prácticas innovadoras de docentes de ciencia en EM. Valparaíso, Chile.

Harlen, W. (2013). Evaluación y educación en ciencias basada en la indagación: Aspectos de la política y la práctica.

Harlen, W. Aprendizaje y enseñan González, R. B. A., Badajoz, C. E. C., Saavedra, R. E. C., & Torres, M. R. N. (2014).

Baptista, P., Fernández, C., & Hernández, R. (2010). Metodología de la Investigación. *México, Compañía*

Hofstein, A., Shore, R., Kipnis, M. (2004). International Journal of Science.

INDÁGALA (IANAS, 1980, Indágala, un espacio para aprender y compartir ciencias, América Latina, <http://www.indágala.org/>).

Insausti, M. Beltran, M. Crespo, M. y García, R. (1995). La utilización del video para la enseñanza de conceptos básicos de calor y temperatura. *Enseñanza de las ciencias*. 13(2)193-198.

Jara, S. (1990). Calor y temperatura esquemas alternativos en estudiantes de preparatoria. *Revista mexicana de física* (1991)688-696.

Lang, F. y Moreira, M (1996). Validación de un test para verificar si el alumno posee concepciones científicas sobre calor, temperatura y energía interna. *Enseñanza de las ciencias* 14 (1), 75-86.

Leymonié, J, et al. (2009). Aportes para la enseñanza de las ciencias naturales. Santiago de Chile: salesianos impresores.

Lin, C. (2002). Promover la educación científica a través de las tecnologías de la información y la comunicación (tic). *Enseñanza de las ciencias*. 20 (3)347-355.

Martínez, J y Pérez, B(1997). Estudio de propuestas alternativas en la enseñanza de la termodinámica básica. *Enseñanza de las ciencias* 15 (3)287-300.

Morales, P., & Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157.

Morales, P., & Landa, V. (2004). Aprendizaje basado en problemas. *Theoria*, 13(1), 145-157.

Moreira, M. A., & Greca, I. M. (2003). Cambio conceptual: análisis crítico y propuestas a la luz de la teoría del aprendizaje significativo Conceptual change: critical analysis and proposals in the light of the meaning ful learning theory. *Ciência & Educação*, 9(2), 301-315.

Moreira, M. y Greca, I. (). La enseñanza de las ciencias basada en la indagación (ECBI) en la educación media: logros y retos de su implementación en Ibagué – Colombia

Mortimer, E. F. (1995). Conceptual change or conceptual profile change? *Science & Education*, 4(3), 267-285.

Narváez, G. Ospino, M. y Martínez, P. (2008). Lineamientos que orientan el diseño de propuestas educativas para promover la formación de competencias a nivel de educación básica secundaria (Tesis de maestría). Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia.

Orozco, A. & Enamorado, E. (2012) Concepciones de la competencia indagar en docentes de ciencias naturales (tesis de maestría) Universidad del norte, Barranquilla, Colombia.

Patiño, L., Vera A. y Meisel, J. D. (2010). Análisis de la práctica docente desde una experiencia de la Enseñanza de la Ciencia Basada en la Indagación (ECBI). EDUCERE •

Investigación arbitrada • ISSN: 1316 - 4910 • Año 14, N° 49 • Julio - Diciembre de 2010 • 333 – 34.

Pedrerros, R. I. (2012). Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias. *Molina, A. (corp.). Perspectivas epistemológicas, culturales y didácticas en educación en ciencias y la formación de profesores: avances de investigación educación en ciencias. Bogotá: Fondo de Publicaciones Universidad Distrital Francisco José De Caldas.*

Pessoa de Carvalho, A. y Castro, R. (1992). La historia de la ciencia como herramienta para la enseñanza de física en secundaria un ejemplo en calor y temperatura. *Enseñanza de las ciencias, 10(3)289-294.*

A, Cañal, P. y De pro, A. (2012). El desarrollo de la competencia científica. Barcelona, España: Graó de irif, S. L.

Posner, G. J., Strike, K. A., Hewson, P. W., & Gertzog, W. A. (1982). Accommodation of a scientific conception: Toward a theory of conceptual change. *Science education, 66(2), 211-227.*

Pozo, J .I, Gómez, M.A (2009). Aprender y enseñar ciencia. Madrid, España: Morata, S. L.

Rodríguez – Lara, J. (2014). Enseñanza de las ciencias basada en la indagación ECBI-Taller introductorio. Colombia

Ruiz, A. G. (2006). Naturaleza de la ciencia e indagación: cuestiones fundamentales para la educación científica del ciudadano. *Revista Iberoamericana de Educación*, (42), 127-152.

Curriculares, L. Ciencias Naturales y Educación Ambiental (2000). *Cooperativa Editorial Magisterio. Ministerio de Educación Nacional, Santa Fe de Bogotá.*

[Sampson](#), V., Grooms, J., Walker, JP. (2011) - Science Education. Wiley Online Library

Schnotz, W., Vosniadou, S. y Carretero, M. (2006). Cambio conceptual y educación.

Schwab, J. J., & Brandwein, P. F. (1962). The teaching of science as enquiry. *The teaching of Science*, 3-103.

Según Prenderos, Rosa (s.f.). Dimensión del perfil conceptual en las investigaciones sobre la enseñanza de las ciencias. Universidad Pedagógica Nacional. http://die.udistrital.edu.co/sites/default/files/doctorado_ud/publicaciones/dimension_del_perfil_conceptual_en_investigaciones_sobre_ensenanza_ciencias.pdf

Sensevy, G., Tiberghien, A., Santini, J., Laubé, S., & Griggs, P. (2008). An epistemological approach to modeling: Cases studies and implications for science teaching *Science education*, 92(3), 424-446.

Simões-Neto, J. E., da Silva, R. T., João, R., Cruz, B., Maria, E., do Amaral, R., &Edenia, M. (2015). Una Secuencia Didáctica para Abordar el Concepto de Calor en la Enseñanza de Estudiantes Preuniversitarios. *Formación universitaria*, 8(2), 03-10.

Taton, R. (1972). Historia general de las ciencias, vol. II. Barcelona: Ediciones destino

Tippens, P. E., & Hernández, A. E. G. (2007). *Física: conceptos y aplicaciones* (No. QC 21.2. T56 10a. Ed). McGraw-Hill.

Toro, J., Reyes, C. et all. (2007). Fundamentación conceptual del área de ciencias naturales. ICFES.

Torres, M, A. y Pantoja, R. 2012). El desarrollo de competencias científicas mediante el uso de estrategias didácticas basadas en la indagación. Asociación Colombiana para la investigación en Educación, en Ciencias y Tecnología. EDUC y T. Revista EDUC y T, 2012; Vol. 6, Junio - Diciembre, ISSN 2215-8227.

Vásquez, J (1987).Algunos aspectos a considerar en la didáctica del calor. *Enseñanza de las ciencias* 5(3), 235-238.

Wood, D. F. (2003). Problem based learning. *Bmj*, 326(7384), 328-330.

Zacharia, ZC., Constantinou, CP. (2008). American Journal of Physics, - scitation.aip.org

Zambrano, A. C. (2000). *Relación entre el conocimiento del estudiante y el conocimiento del maestro en la educación en ciencias experimentales*. Universidad del Valle.

13. ANEXOS



Anexo 1: Test validado utilizado como pretest y postest.

INDAGACIÓN SOBRE IDEAS PREVIAS SOBRE CALOR Y TEMPERATURA EN ESTUDIANTES DE DECIMO GRADO

INVESTIGADORES DEL (IESE) DE LA UNIVERSIDAD DEL NORTE

PROFESORES: SALOMÓN BARBOSA SOTO Y DORA ESCALANTE MORALES.

INSTITUCIÓN: _____

NOMBRE: _____ GRADO: 10°

FECHA _____ EDAD _____

GENERO _____ ESTRATO _____

INSTRUCCIONES:

A continuación, encontrarás un test constituido por 14 preguntas de elección múltiple, con tres alternativas de respuesta identificadas por los números romanos I, II y III. Puede haber una, dos o tres respuestas correctas para cada pregunta.

Señala en tu hoja de respuesta la que consideres la mejor combinación de respuestas:

- A. Sólo la alternativa I es correcta.
- B. Sólo la alternativa II es correcta.
- C. Sólo la alternativa III es correcta.
- D. Las alternativas I y III son correctas.
- E. Las alternativas I y III son correctas.
- F. Las alternativas II y III son correctas.
- G. Todas las alternativas son correctas.

1. Asociamos la existencia de calor:

- I) A cualquier cuerpo, pues todo cuerpo posee calor.
- II) Solo a aquellos cuerpos que están «calientes».
- III) A situaciones en las cuales ocurre, necesariamente, transferencia de energía.

2. Para que se pueda hablar de calor:

- I) Es suficiente un único sistema (cuerpo).
- II) Son necesarios, por lo menos, dos sistemas.
- III) Es suficiente un único sistema, pero tiene que estar «caliente».

3. Para que se pueda admitir la existencia de calor debe haber:

- I) Una diferencia de temperaturas.

- II) Una diferencia de masas.
- III) Una diferencia de energías.

4. Calor es:

- I) Energía cinética de las moléculas.
- II) Energía transmitida solo por medio de una diferencia de temperaturas.
- III) La energía contenida en un cuerpo.

5. En el interior de una habitación que no haya sido calentada o refrigerada durante varios días:

- I) La temperatura de los objetos de metal es inferior a la temperatura de los objetos de madera;
- II) La temperatura de los objetos de metal, de las mantas y de los demás objetos es la misma;
- III) Ningún objeto presenta temperatura.

6. El agua (0°C) que resulta de la fusión de un cubito de hielo (0°C), contiene, respecto al hielo:

- I) Más energía;
- II) Menos energía;
- III) Igual cantidad de energía.

7. Dos cubos metálicos A y B son colocados en contacto. A está más «caliente» que B. Ambos están más «calientes» que el ambiente. Al cabo de un cierto tiempo la temperatura final de A y B será:

- I) Igual a la temperatura ambiente.
- II) Igual a la temperatura inicial de B.
- III) Un promedio entre las temperaturas iniciales de A y B.

8. Dos pequeñas placas A y B del mismo metal y del mismo espesor son colocadas en el interior de un horno, el cual es cerrado y luego accionado. La masa de A es el doble de la masa de B ($m_A = 2m_B$). Inicialmente las placas y el horno están todos a la misma temperatura. Algún tiempo después la temperatura de A será (ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS, 1996, 14 (1) 83):

- I) El doble de la de B.
- II) La mitad de la de B.
- III) Igual a la de B.

9. Considere dos esferas *idénticas*, una en un horno caliente y la otra en un congelador. Básicamente, ¿qué diferencia hay entre ellas inmediatamente después de sacarlas del horno y de la heladera respectivamente?

- I) La cantidad de calor contenida en cada una de ellas.
- II) La temperatura de cada una de ellas.
- III) Una de ellas contiene calor y la otra no.

10. En dos vasos idénticos que contienen la misma cantidad de agua (aproximadamente 250 cm³) a temperatura ambiente son colocados un cubito de hielo a (0°C) y tres cubitos de hielo a 0°C respectivamente (cada cubito con aproximadamente 1 cm³). ¿En cuál situación el agua se enfría más?

- I) En el vaso donde son colocados tres cubitos de hielo.
- II) En el vaso donde es colocado un cubito de hielo
- III) Se enfría igualmente en los dos vasos.

11. Dos esferas del mismo material pero cuyas masas son diferentes quedan durante mucho tiempo en un horno. Al retirarlas del horno, son inmediatamente puestas en contacto. En esa situación:

- I) Fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la menor masa.
- II) Fluye calor de la esfera de menor masa hacia la mayor masa.
- III) Ninguna de las dos esferas cede calor a la otra.

12. Las mismas esferas de la pregunta anterior son ahora dejadas durante mucho tiempo en un congelador. En esa situación, al retirarlas e inmediatamente ponerlas en contacto:

- I) Ninguna de las esferas posee calor debido a su baja temperatura.
- II) Fluye calor de la esfera de mayor masa hacia la de menor masa.
- III) Ninguna de las esferas puede ceder calor a la otra.

13. Observa la figura y considera el cuerpo C (sombreado) un conductor de calor. ¿Qué caracteriza esta situación de conducción de calor?

$$\begin{matrix} T_1 & \text{Mayor} & T_2 \\ T_1 &] & T_1 & C & T_2 & [& T_2 \end{matrix}$$

- I) T_1 IGUAL T_2
- II) T_1 MAYOR T_2
- III) T_1 MENOR T_2

14. Objetos de metal y de material plástico son puestos en el interior de un congelador que se encuentra a -20°C. Después de algunos días se puede afirmar que la temperatura de los objetos de plástico es:

- I) Mayor que la temperatura de los objetos de metal.
- II) Menor que la temperatura de los objetos de metal.
- III) Igual a la temperatura de los objetos de metal.

Anexo 2: Guías de laboratorio y talleres empleados en el colegio N° 1.

GUÍA N° 1

GUÍA DE TRABAJO EXPERIMENTAL CALOR Y TEMPERATURA

Institución: _____

Profesor: _____ Fecha: _____

Nombres: _____

Logro: Diferencia experimentalmente calor y temperatura.

I. Responde la pregunta planteada en la siguiente situación:

¿Siempre que se suministre calor a un cuerpo se producirá un aumento de temperatura?

Sí _____ No _____ ¿por qué?

II. Socialice en plenaria las respuestas y sus respectivos argumentos.

III. Realice una práctica de laboratorio, formen grupos de tres estudiantes. Luego, tomen tres tubos de ensayo, le agregan 2ml, 4 ml y 6 ml de H₂O, respectivamente; calentarlos hasta ebullición, medir la temperatura y el tiempo. Anoten los resultados obtenidos de tiempo y temperatura y responde a las siguientes preguntas:

- ¿Cuáles son las variables involucradas en la experiencia?
- Realiza tablas que las relacionen y gráficalas.
- Contrasta los resultados obtenidos con la respuesta que diste a la pregunta inicial.
- ¿Cuál es la conclusión a la que puedes llegar con respecto al calor y la temperatura?

IV. Finalmente se haga la socialización de las conclusiones, a partir del interrogante, ¿Qué aprendiste con la experiencia?, ¿Qué se te dificultó y cómo lo resolviste?

Anexo 3: Taller complementario de calor y temperatura.

GUÍA N°2

TALLER COMPLEMENTARIO DE CALOR Y TEMPERATURA

ANÁLISIS EPISTEMOLÓGICO

Institución: _____

Profesor: _____ Fecha: _____

Nombres: _____

Logro: Identifica y explica los conceptos de calor y temperatura, a partir del análisis histórico de los mismos.

I. Se forman voluntariamente 5 grupos de dos estudiantes.

II. Cada grupo debe preparar una exposición sobre la epistemología del concepto de calor, teniendo como referente los 5 momentos más importantes de la historia de éste, como son: la teoría de los cuatro elementos, alcahesto, flogisto, calórico y energía. Para ello, cada grupo debe tener como referente las siguientes preguntas:

- a. ¿En qué año se formuló la teoría y cuáles son sus autores?
- b. ¿Cuáles son sus postulados y en qué se fundamentan?
- c. ¿A qué conclusiones puedes llegar?

III. Los demás estudiantes deben realizar una v heurística con las conclusiones generales.

Anexo 4: Guía de laboratorio sobre Calor específico.

GUÍA N° 3

GUÍA DE LABORATORIO SOBRE CALOR ESPECÍFICO

Institución: _____

Profesor: _____ Fecha: _____

Nombres: _____

Logro: Determinar el calor específico de un metal

I. Responde la siguiente pregunta

Si Dainer estudiante de décimo grado se encuentra en una habitación durmiendo y se levanta a las tres de la mañana al baño y descalzo, inicialmente pisa en la alfombra y después en la baldosa; ¿qué sensación percibe Dainer en cada situación?, explique ¿por qué?

II. Forme grupos de 5 estudiantes y realice el siguiente procedimiento.

- Determina la masa de un trozo de metal.
- Introdúcelo dentro de un beaker con agua hirviendo determina su temperatura con la ayuda de un termómetro.
- Vierte en un vaso de icopor un volumen de agua (Se tomaran diferentes volúmenes de agua para cada grupo, según lo asigne el profesor)
- Mide su temperatura.
- Retira con el hilo el trozo de metal del agua hirviendo e introdúcelo en el agua del vaso de icopor, agita y mide su temperatura hasta que quede en equilibrio térmico, anote los diferentes valores y a partir de ellos construye una tabla con las siguientes variables, calor absorbido, ¿quién absorbe calor?, ¿Quién cede calor? y calor específico del metal.
- Por último, registra los datos.

NOTA: Utilice la siguiente fórmula para determinar, calor absorbido, calor cedido y el calor específico del metal.

-Q cedido = Q absorbido

$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta T$

III. Observando lo sucedido, responda la pregunta inicial nuevamente y establece el antes y el después de la situación planteada y consigna tus conclusiones.

IV. A partir de la experiencia realizada, elabora un listado de los materiales utilizados y redacta tu procedimiento.

V. Responde las siguientes preguntas.

1. Determine el porcentaje de error en el calor específico experimental.
2. ¿Qué fuentes de error experimental se tienen en este experimento?
3. ¿Cómo determinarías de que metal está constituido a muestra utilizada?
4. Si el trozo de metal fuera de mayor masa, ¿qué variación se daría en los resultados?
5. ¿Cómo variarían los resultados si la masa de agua utilizada fuese mayor?
6. ¿Cómo variara el resultado si el vaso no fuera de icopor, sino de aluminio?

Anexo 5: Guía de Dilatación térmica.

GUÍA N° 4

GUÍA DE LABORATORIO SOBRE DILATACIÓN TÉRMICA

Institución: _____

Profesor: _____ Fecha: _____

Nombres: _____

Logro: Explicar el fenómeno de dilatación térmica.

I. Responde la siguiente pregunta

¿Qué sucederá si calientas en la llama de un soplete de acetileno una varilla de hierro?

II. Observe y analice el video presentado en el siguiente link.

<https://www.youtube.com/watch?v=wKQIsJUW9FY>

III. A partir de lo observado en la experiencia presentada en el video, contesta nuevamente la pregunta inicial, estableciendo el antes y el después de la situación planteada y anota tus conclusiones.

IV. Elabora un listado de los materiales utilizados, el procedimiento desarrollado.

V. Representa en un mentefacto el aprendizaje obtenido.